Aus der Frauenklinik der Universität Tübingen
Geschäftsführender Direktor: Professor Dr. H. A. Hirsch

Quantitative und qualitative Dezelerationsanalyse des intrapartalen Kardiotokogramms

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
Gerhard Brühl
aus
Schwäbisch Gmünd

1982

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41536519_0043

Aus der Frauenklinik der Universität Tübingen
Geschäftsführender Direktor: Professor Dr. H.A. Hirsch

QUANTITATIVE UND QUALITATIVE DEZELERATIONSANALYSE DES INTRAPARTALEN KARDIOTOKOGRAMMS

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
Gerhard Brühl
aus
Schwäbisch Gmünd

1982

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan:	Professor Dr. K. Voigt
1. Berichterstatter:	Professor Dr. V.M. Roemer (Professor Dr. H.A. Hirsch)
2. Berichterstatter:	Privatdozent Dr. A. Schmaltz

D i e F e d e r k r i t z e l t .

Die Feder kritzelt: Hölle das!
Bin ich verdammt zum Kritzeln-Müssen? -
So greif' ich kühn zum Tintenfass
Und schreib' mit dicken Tintenflüssen.
Wie läuft das hin, so voll, so breit!
Wie glückt mir Alles, wie ich's treibe!
Zwar fehlt der Schrift die Deutlichkeit -
Was thut's? Wer liest denn, was ich schreibe?

Friedrich Nietzsche

"Die fröhliche Wissenschaft"

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1.	EINLEITUNG	1
2.	PATIENTENGUT UND METHODIK	4
2.1.	Auswahl der Kardiotokogramme	4
2.2.	Analyse des Kardiotokogramms	6
2.2.1.	Basale fetale Herzfrequenz: Definitionen und Bestimmungsmethoden	7
2.2.2.	Herzfrequenzalterationen: Definitionen, Nomenklatur und Bestimmungsmethoden	11
2.3.	Klinische Daten	20
2.4.	Elektronische Datenverarbeitung	21
3.	ERGEBNISSE	22
3.1.	Verteilungsstudien	22
3.1.1.	Dezelerationsflächensummen	22
3.1.2.	Verteilung der Apgar- und pH-Werte	24
3.2.	Rangkorrelationsanalyse der untersuchten Variablen	27
3.3.	Untergruppenanalysen nach pH-Werten des Nabelarterienblutes	29
3.3.1.	Stichprobenbildung	29
3.3.2.	Dezelerationsphänomene in Abhängigkeit vom pH-Wert	30
3.3.2.1.	Quantitative Parameter	30
3.3.2.2.	Veränderungen der qualitativen Parameter	33
3.3.3.	Klinische Daten in den pH-Gruppen	36
3.4.	Untergruppenanalyse nach den Perzentilen der Dezelerationsflächensummen	39
3.4.1.	Stichprobenbildung	39
3.4.2.	Dezelerationsphänomene in Abhängigkeit von der Flächensumme	39
3.4.2.1.	Quantitative Dezelerationsparameter	39
3.4.2.2.	Qualitative Dezelerationsbeschreibung in den Flächenperzentilgruppen	42

Seite

3.4.3.	Perzentilgruppen der Flächensummen und klinische Parameter	44
3.5.	Das Dezelerationsgeschehen unter Berücksichtigung von Nabelschnurkomplikationen	49
3.5.1.	Klinische Daten	49
3.5.2.	Quantitative Dezelerationsparameter	50
3.5.3.	Qualitative Dezelerationsparameter	53
4.	DISKUSSION	55
4.1.	Kritische Methodendiskussion	55
4.1.1.	Probleme der manuellen Auswertung von Kardiotokogrammen	55
4.2.	Diskussion der Ergebnisse der Korrelationsanalyse zwischen den Dezelerationsflächensummen und dem neonatalen Befinden	58
4.3.	Veränderungen der quantitativen Dezelerationsparameter: Diskussion der Ergebnisse der Untergruppenanalysen	64
4.4.	Diskussion der Ergebnisse der qualitativen Dezelerationsanalysen	66
4.4.1.	Allgemeine Problematik der deskriptiven Klassifizierung	66
4.4.2.	Klinische Signifikanz der uniformen Frühdezelerationen	67
4.4.3.	Klinische Signifikanz der uniformen Spätdezelerationen	70
4.4.4.	Klinische Signifikanz der variablen Dezelerationen	70
5.	ZUSAMMENFASSUNG	73
6.	LITERATURVERZEICHNIS	76

DANKSAGUNG

LEBENSLAUF

1. EINLEITUNG

Bis vor ungefähr zwei Jahrzehnten war die Auskultation mit dem Pinard'schen Stethoskop die einzige und nur diskontinuierlich praktizierbare Möglichkeit zur Überwachung der fetalen Herzaktion. Erst nachdem es HON und HESS 1957 (24) gelungen war, das fetale EKG als Triggerimpuls vom maternalen herauszufiltern, war die Voraussetzung für eine kontinuierliche Schlag-zu-Schlag-Registrierung der fetalen Herzfrequenz (FHF) geschaffen.

Die weitere grundlegende technische und wissenschaftliche Pionierarbeit, die, unter Einbeziehung der Wehenschreibung, die "Kardiotokographie" (HAMMACHER, 21) zu einer routinemäßig in der Klinik anwendbaren Methode werden ließ, wurde von CALDEYRO-BARCIA (11), HAMMACHER (20,22) und HON (25,26) geleistet.
Die Kardiotokographie breitete sich stürmisch aus und gehörte 1972 bereits an über der Hälfte aller Kliniken zur geburtshilflichen Routine (68). Heute wird wohl bei jeder Geburt ein Kardiotokogramm (CTG) geschrieben - ja, es wird sogar diskutiert, ob die Unterlassung nicht bereits als Kunstfehler anzusehen ist (27). Von anderer Seite wird hingegen die Überlegenheit der Kardiotokographie über die diskontinuierliche Auskultation bei Nicht-Risiko-Geburten bezweifelt (12,29). Dabei stellt die Interpretation des CTG's an den Geburtshelfer hinsichtlich Ausbildung, Erfahrung und Zeitaufwand hohe Anforderungen, da dem tätigen Kliniker z.Zt. noch keine umfassenden, allgemein akzeptierten Kriterien für die Beurteilung des Kardiotokogramms an die Hand gegeben werden können.

Das Hauptinteresse der gängigen CTG-Beurteilung richtet sich neben den typischen Phänomenen der basalen Herzfrequenz auf die langsameren Frequenzalterationen, d.h. die Dezelerationen und Akzelerationen. Insbesondere den Dezelerationen (Dips) wird ein hoher diagnostischer Stellenwert zur Einschätzung des fetalen Zustandes beigemessen.

Einige Autoren legen ihr Augenmerk auf die qualitative, beschreibende und klassifizierende Dezelerationsmorphologie unter Berücksichtigung der zeitlichen Relationen der Dezelerationen zueinander und zur Wehe (11,22,26).
KUBLI et al. (31) war der erste, der den quantitativen Aspekt der Dezelerationen berücksichtigte und versuchte aus dem "Schweregrad", d.h. der Dauer und maximalen Tiefe der Frequenzverlangsamung, Rückschlüsse auf die fetale O_2-Versorgung zu ziehen. Durch den Parameter "Fläche" können Dauer und Tiefe des Abfalls der FHF zusammengefaßt werden. Die prognostische Aussagekraft der Dezelerationsfläche zur Erkennung von fetalen Gefährdungen wird unterschiedlich gewertet. SHELLY und TIPTON (56), STURBOIS et al. (59,60), TOURNAIRE et al. (65,66), SUREAU (61), KASTENDIECK et al. (28), BEGUIN et al. (6) und KÜNZEL und CORNELY (33) sahen in ihr, bzw. dem Schwerpunkt der Dezelerationsfläche (SEIDL, 55), einen guten Parameter zur Erkennung fetaler Hypoxie, während ALBRECHT at al. (2,3,4,5), MORGENSTERN et al. (38), JÄGER at al. (27) sowie ROEMER et al. (48) nur ungenügende Relationen zum status praesens des Neugeborenen gefunden haben.

In der vorgelegten Arbeit orientierten wir die methodische Vorgehensweise eng an der täglichen Praxis des Klinikers, d.h. die Kardiotokogramme wurden ohne größeren apparativen Aufwand manuell ausgewertet.

Wir versuchten folgende Fragen anzugehen:

1. Welche Beziehung besteht zwischen den qualitativen Dezelerationsmerkmalen und dem kindlichen Befinden, ausgedrückt durch den Apgar-Score, bzw. den Säure-Basen-Status des Nabelschnurblutes?

2. Welche prognostische Bedeutung kommt der innerhalb der letzten Stunde ante partum aufsummierten Dezelerationsfläche zu?

3. Inwieweit lassen sich Zusammenhänge zwischen klinischen Variabeln, insbesondere den Nabelschnurkomplikationen, und den qualitativen und quantitativen Dezelerations-parametern herstellen?

2. PATIENTENGUT UND METHODIK

2.1. Auswahl der Kardiotokogramme

Dieser Arbeit liegen 396 retrospektiv ausgewertete Kardiotokogramme (s. Anm. 1) zugrunde, die etwa zu gleichen Teilen aus der UFK Tübingen und der UFK Basel stammen und routinemäßig sub partu direkt abgeleitet worden waren. Zur Auswertung kamen jeweils die letzten 2 Stunden vor der Geburt.

Eine Selektion der Kardiotokogramme fand insofern statt, als nur solche in die Untersuchung aufgenommen wurden, die technisch möglichst einwandfrei und kontinuierlich über mindestens 120 Minuten abgeleitet worden waren. "Kontinuierlich" bedeutet, daß keine länger als 2 min dauernden Unterbrechungen vorliegen durften, da uns der Registrierverlust für eine Korrelation der FHF-Phänomens mit den postpartalen Parametern des Kindes zu groß schien. So sind in unserem Kollektiv auch keine Schnittentbindungen oder größere vaginal-operative Eingriffe, bei denen die Elektrode länger als 2 min entfernt oder abgeglitten war, enthalten.

Um statistisch signifikante Aussagen über die FHF azidotischer Feten machen zu können, wurde bewußt eine größere Anzahl von Kindern mit niedrigen pH-Werten im Nabelschnurblut einbezogen.

In der vorliegenden Arbeit werden die letzten 60 Minuten unmittelbar vor der Geburt weiter analysiert. In dieser Stunde hatten 370 Feten Dezelerationen, nur über dieses Kollektiv wird weiter berichtet. In Tab. 1a und 1b sind die wichtigsten klinischen Daten der 370 Mütter und Neugeborenen zusammengefaßt.

Anm. 1: Die Kardiotokogramme wurden zu gleichen Teilen von Frau Mietzner, Herrn Heering und dem Autor nach einheitlichen Kriterien (s. 2.2. Analyse des Kardiotokogramms) ausgewertet.

Tab. 1a: Klinische Daten des Gesamtkollektivs (N = 370)

Klinische Variable		N	%
Para I		237	64,05
Herz-Kreislauferkrankung		1	0,27
Diabetes mellitus		1	0,27
Erkrankung des ZNS		5	1,35
EPH-Gestose		20	5,41
schwere Anämie (Hb < 80 g/l)		4	1,08
keine Oxytozika		96	25,94
Wehenreifung und/oder Einleitung mit Oxytozika		154	41,61
Oxytozika bei sek. Wehenschwäche		120	32,43
Geburt:	spontan	271	73,24
	Vakuum-Extraktion	11	2,97
	Zangen-Entbindung	85	22,97
	BEL-Entwicklung	3	0,81
Apgar 1':	10 - 7	340	91,89
	6 - 4	26	7,03
	≤ 3	4	1,08
Apgar 5':	10 - 7	365	98,65
	6 - 4	4	1,08
	≤ 3	1	0,27

Tab. 1b: Klinische Daten des Gesamtkollektivs (N = 370)

Klinische Variable	$\bar{x}$	SD
Gewicht (g)	3390	483
Länge (cm)	50	2

2.2. Analyse des Kardiotokogramms

In der deskriptiven Klassifizierung der verschiedenen fetalen Herzfrequenzphänomene wurden von CALDEYRO-BARCIA (11), HAMMACHER (22) und HON (26) grundlegende Erkenntnisse erarbeitet. Eine Vereinheitlichung der Nomenklatur wurde 1972 von verschiedenen Forschern der führenden Zentren versucht (1). So wird heute die basale Herzfrequenz allgemein durch

1. ihr Niveau
2. die Oszillationsamplitude
3. die Oszillationsfrequenz

beschrieben. Über die Bestimmung der periodischen Herzfrequenzalterationen (Dezelerationen, Akzelerationen) bestehen immer noch, vor allem in Bezug auf die Dezelerationseinteilung nach CALDEYRO-BARCIA bzw. HON, differente Auffassungen. Wir übernahmen, wie auch FISCHER (19, S. 173), das Klassifikationsschema von HON, da dieser eine differenziertere Dezelerationseinteilung vornimmt (s. 2.2.2. Herzfrequenzalterationen: Definitionen, Nomenklatur und Bestimmungsmethoden).

2.2.1. Basale fetale Herzfrequenz: Definitionen und Bestimmungsmethoden

Die letzten 120 Minuten eines jeden Kardiotokogramms wurden in Kompartimente von 10 Minuten Dauer eingeteilt und die folgenden Parameter in Minutenabständen bestimmt:

a) basale fetale Herzfrequenz (Basalfrequenz): Darunter wird das Frequenzniveau bei Fehlen von periodischen oder quasi-periodischen (26) FHF-Alterationen oder die Frequenz im Intervall zwischen diesen verstanden. Wir bestimmten die mit dem Auge geschätzte Mittelwertslinie mit Hilfe eines durchsichtigen Lineals (s. Abb. 1).

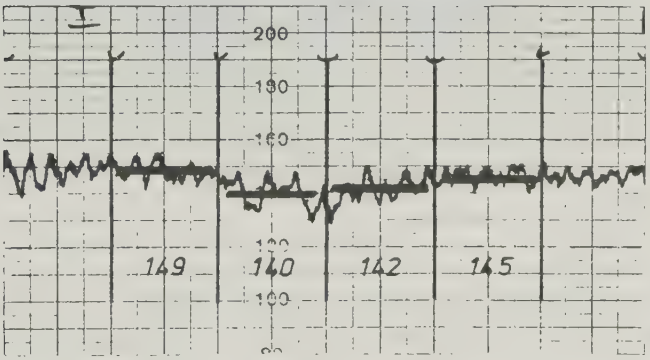


Abb. 1: Bestimmung der mittleren basalen Herzfrequenz in Schlägen pro Minute (SPM) über den Zeitraum von jeweils einer Minute Dauer.

Zur Charakterisierung der Irregularität der FHF wurden die Oszillationsamplitude und -frequenz herangezogen.

b) Oszillationsamplitude oder Bandbreite, d.h. der Abstand in Schlägen pro Minute (SPM) vom höchsten bis zum tiefsten Punkt der FHF pro Minute (s. Abb. 2).

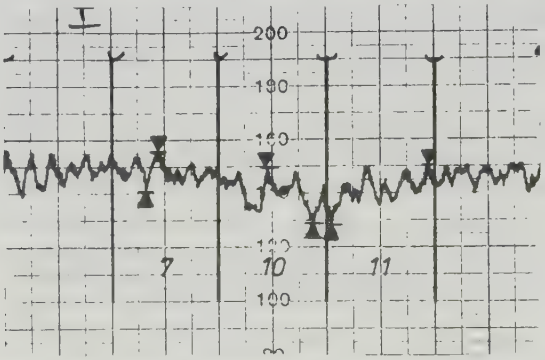


Abb. 2: Bestimmung der Oszillationsamplitude wiederum über den Zeitraum von einer Minute Dauer in Millimetern

Zur Bestimmung benutzten wir eine Art Schublehre aus Kunststoff, worauf die Bandbreite in Millimetern abzulesen war; diese wurden computerintern in SPM umgerechnet (1 Millimeter entsprach 2 SPM).

c) Oszillationsfrequenz (Makrofluktuation):

HAMMACHER (22) versteht darunter eine komplette Sinusschwingung (0 - 360°), also die Folge von Hoch- und Tiefpunkt der FHF, bezogen auf eine virtuelle Nullinie (die Nullinie einer gedachten schnellen Mittelwertskurve der FHF). Andere Autoren zählen die Nulldurchgänge, d.h. die fiktiven Schnittpunkte durch diese Linie (19, S. 143). Statistisch entspricht dies der Oszillationsfrequenz nach HAMMACHER multipliziert mit zwei.

Wir haben für jede CTG-Minute die Anzahl der erkennbaren Hoch- und Tiefpunkte der FHF ausgezählt. Abbildung 3 verdeutlicht unsere Vorgehensweise.

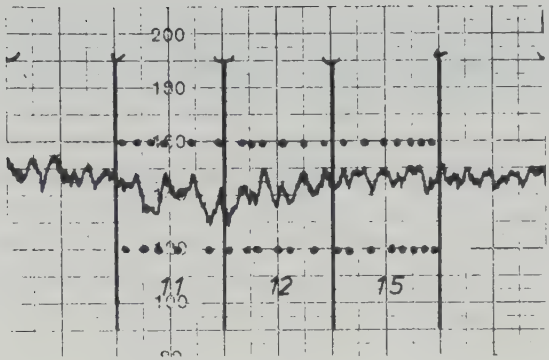


Abb. 3: Beispiele für das Auszählen von Oszillationen pro Minute. Jeder schwarze Punkt markiert die Spitze (Hoch-, bzw. Tiefpunkt) einer makroskopisch erkennbaren FHF-Schwankung.

Auch unsere Methode entspricht statistisch der Anzahl der Nulldurchgänge pro Minute. "Im Einzelfall können Anzahl der Oszillationen pro Minute (N) und Anzahl der Nulldurchgänge (n) durchaus verschieden sein: N = n + 1, N = n - 1, N = n je nachdem, wo der Oszillationsfluß von der Minutenbegrenzung künstlich unterbrochen wird (46, S. 301)."

Da Bandbreite und Oszillationsfrequenz für die Dauer von einer Minute definiert sind, wurden sie in jenen Minuten, in denen eine Dezeleration oder Akzeleration beginnt oder endet, nicht bestimmt (d.h. in der Auswertung auf 99 gesetzt). Falls die "angebrochene CTG-Minute" länger als 30 sec war, ermittelten wir die Basalfrequenz, da uns der Schätzfehler aus methodischer wie klinischer Sicht unerheblich schien. CTG-Abschnitte kürzer als 30 sec wurden nicht ausgewertet. Ein bezüglich der Basalfrequenzparameter ausgewertetes und auf den Erhebungsbogen übertragenes Kompartiment à 10 Minuten zeigt die Abbildung 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4	0	1	1	4	2			

LAUF-NR. FOLGE-NR. WEHEN QUALIT. [N/10min]

MINUTE	MITTL. FREQUENZ [bpm]			BANDBREITE [mm]		OSZILLAT. [N/min]	
	11	12	13	14	15	16	17
1	1	6	5	9	9	9	9
	18	19	20	21	22	23	24
2	1	7	0	9	9	9	9
	25	26	27	28	29	30	31
3	1	6	6	0	6	0	2
	32	33	34	35	36	37	38
4	1	6	5	0	9	0	9
	39	40	41	42	43	44	45
5	1	7	1	1	0	0	5
	46	47	48	49	50	51	52
6	1	7	0	0	3	0	3
	53	54	55	56	57	58	59
7	0	0	0	9	9	9	9
	60	61	62	63	64	65	66
8	1	7	3	9	9	9	9
	67	68	69	70	71	72	73
9	1	6	4	1	3	1	0
	74	75	76	77	78	79	80
10	1	5	5	9	9	9	9

AUSGEFÜLLT: ✓

PAT.-NAME: X Y
GEBURT AM: 24/1/77
JOURNAL-NR: 82/77

Abb. 4: Erhebungsbogen für die Basalfrequenzparameter. "99" bedeutet, daß Bandbreite bzw. Oszillationen in dem 1-min-Kompartiment nicht bestimmt werden konnten.

2.2.2. Herzfrequenzalterationen: Definitionen, Nomenklatur und Bestimmungsmethoden

Die langsameren Alterationen der FHF treten in Form von Akzelerationen und/oder Dezelerationen auf. Sie sind durch einen relativ raschen Abfall, bzw. Anstieg, der FHF von der Basalfrequenz und eine rasche Rückkehr zu ihr gekennzeichnet. Diese Alterationen treten unter der Geburt meist in Zusammenhang mit der Wehentätigkeit, aber nicht unbedingt regelmäßig auf; es gibt auch sporadische Ereignisse.

Quantitativ können die Dezelerationen/Akzelerationen nach Dauer, Amplitude (Höhe/Tiefe) und Fläche erfaßt werden.
Als Amplitude definierten wir die Differenz zwischen dem Mittelwert der vor und nach der Dezeleration (Akzeleration) gemessenen basalen Herzfrequenz und dem tiefsten (höchsten) Punkt der Alteration.
Die Dauer wurde in zwei Zeitspannen zerlegt: Dauer I vom Beginn bis zum tiefsten Punkt und Dauer II vom Tiefpunkt bis zur Wiedergewinnung der basalen Herzfrequenz. Entsprechend verfuhren wir bei den Akzelerationen.

Bei der Auswertung wurde von jeder Akzeleration, bzw. Dezeleration, Beginn und Ende in SPM abgelesen, sowie die Tiefe und Dauer I/II mit Hilfe eines Stechzirkels in Millimetern ausgemessen. Computerintern wurde die Tiefe in SPM rücktransformiert. Die Abbildung 5 illustriert unser Vorgehen.

Unter Dezeleration- bzw. Akzelerationsfläche wird allgemein die von der aktuellen Herzfrequenzkurve und der gedachten Fortsetzung der Basisfrequenz eingeschlossene Fläche verstanden (55).

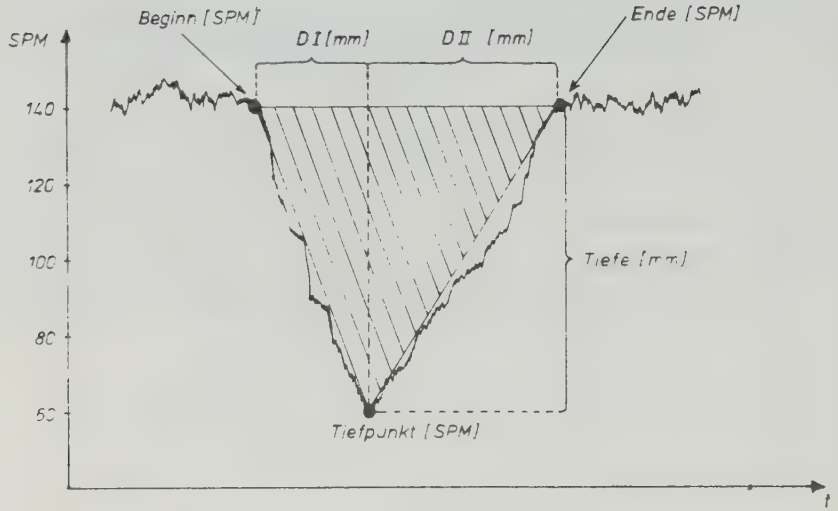


Abb. 5: Schematische Darstellung der Bestimmung der quantitativen Dezelerationsparameter: Anfangs-, Tief- und Endpunkt wurden in SPM, Dauer I (D I), Dauer II (D II) und Tiefe in Millimetern bestimmt. Schraffiert die von uns berechnete Dezelerationsfläche.

Mit Hilfe der Dreiecksformel konnte aus dem halben Produkt der Tiefe und Dauer (D I + D II) die Fläche berechnet werden:

$$F = \frac{1}{2} \times \text{Dauer} \times \text{Tiefe}$$

Da wir computerintern die Amplitude in Schläge pro Minute rücktransformiert, die Dauer aber in Millimeter ausgedrückt hatten, ergab sich als Flächeneinheit (FE) : [FE] = [SPM x mm]. Bei einer Papiervorschubgeschwindigkeit von 2 cm/min entspricht 1 Millimeter der Dauer von 3 Sekunden. Somit müßten unsere Flächenberechnungen nur mit dem Faktor 3 multipliziert werden, um die auch von anderen Autoren (5,55,67) benutzte Flächeneinheit [FE] = [SPM x s] zu erhalten. Hier entspricht eine FE einem "fehlenden Schlag" von einer Sekunde Dauer.

Akzelerationen wurden des weiteren nach ihrer Form (umgekehrt U- oder umgekehrt V-förmig) unterschieden und gingen nur dann in die Bewertung ein, wenn sie länger als 30 sec dauerten. Bei silentem (s. Anm. 2) oder eingeschränkt undulatorischem Frequenzgang mußten sie außerdem eine Höhe von mindestens doppelter Bandbreite aufweisen. Wurden zwei Akzelerationen durch einen Abfall der FHF von maximal 10 sec Dauer bis zur oder unter die gedachte Fortsetzung der Basalfrequenz getrennt, so wurden sie als eine gewertet. Entsprechend verfuhren wir bei einem Anstieg der FHF bei den Dezelerationen (s. Abb. 6).

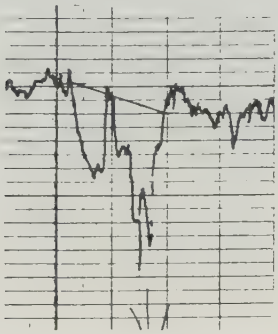


Abb. 6: Beispiel für eine variable Dezeleration mit kurzfristigem Anstieg der FHF (≤ 10 sec). Bewertung als e i n e W-förmige Dezeleration.

Für Dezelerationen stellten wir folgende Bedingungen auf: bei silentem oder eingeschränkt undulatorischem Frequenzgang mußten sie doppelte Bandbreite aufweisen oder länger als 30 sec dauern. Lag ein undulatorischer oder saltatorischer Verlauf vor, war eine Tiefe von einfacher Oszillations-

---

Anm. 2: HAMMACHER (22,23) definiert vier Oszillationstypen:

Oszillationsamplitude (SPM)	Frequenzgang
< 5	silent
≥ 5 < 10	eingeschränkt undulatorisch
≥ 10 < 25	undulatorisch
≥ 25	saltatorisch

amplitude erforderlich oder wiederum eine Dauer von über 30 sec, um in die Bewertung einzugehen.
Bei der qualitativen Beschreibung werden zunächst die uniformen von den variablen Dezelerationen getrennt (25).

Wenn eine allmähliche Verlangsamung der FHF, sowie ein spiegelbildlicher Anstieg vorliegt (s. Anm. 3), und diese Alterationen untereinander uniform sind, so handelt es sich, je nach zeitlicher Beziehung zur Wehe, um uniforme Früh- oder Spätdezelerationen.

Als zeitliches Unterscheidungskriterium dient die "lag-time": darunter wird entweder der Zeitabschnitt vom Beginn der Wehe bis zum Beginn der Dezeleration (25) oder von der Wehenakme bis zum Tiefpunkt der Dezeleration (22) verstanden. Aus Gründen der exakteren Bestimmbarkeit verwendeten wir die von HAMMACHER (22) vorgeschlagene Methode und setzten als Zeitgrenze für späte Dezelerationen eine lag-time $\geq$ 30 sec fest (s. Abb. 7, Seite 15).

Anm. 3: FISCHER (19, S. 173) vergleicht die uniformen Dezelerationen mit "...von den Kinderzeichnungen her bekannten, etwa V-förmigen 'Vogelschwingen' oder mit kindlichen Darstellungen 'durchhängender Wäscheleinen'(..)".

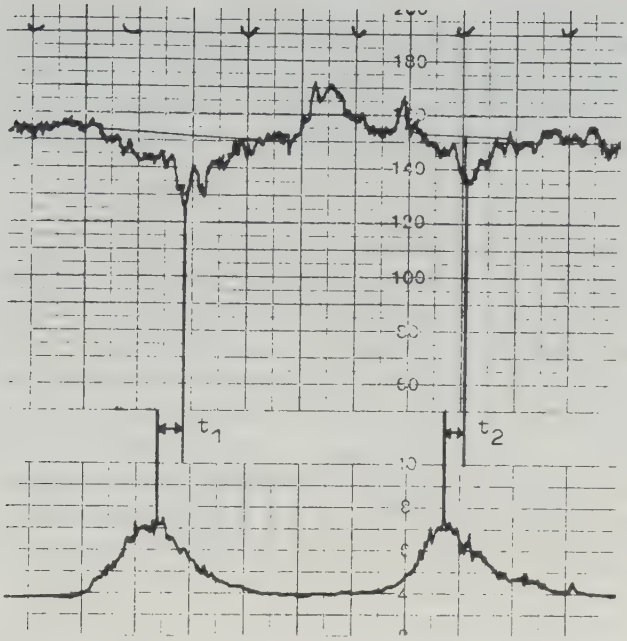


Abb. 7: Beispiel für uniforme Frühdezelerationen und die Größenbestimmung der lag-time (t): t_1 = 13 sec, t_2 = 11 sec.

Diese Größe der lag-time wird nicht einheitlich verwendet. HON und QUILLIGAN (25) nennen eine Zeit von 20 - 30 sec. CALDEYRO-BARCIA (11) nimmt für die Unterscheidung seiner type I dip von type II dip 19 sec, WOOD (69) und CHIK (13) schließen sich an (s. Anm. 4). ODENDALL (39) setzt als kritische Zeitgrenze eine lag-time von $\leq$ 30 sec. LOW (35) dagegen bewertet eine uniforme Dezeleration bereits bei einem zeitlichen Abstand der Wehenakme zum Dezelerationsmaximum von mindestens 20 sec Dauer als Spätdezeleration.

Anm. 4: Entgegen einer weitverbreiteten Ansicht (s. FISCHER (19), S. 179) entsprechen HON'S Früh-, bzw. Spätdezelerationen nicht CALDEYRO-BARCIA'S type I, II dip, da dieser als einziges Unterscheidungskriterium die Zeit nimmt, während HON und QUILLIGAN (25) eine differenziertere Formanalyse vornehmen.

Eine lag-time von 30 sec Dauer erfaßt somit nur sichere späte Dezelerationen, allerdings wird dabei ein Fehler 1. Art in Kauf genommen (s. 4.1.1. Probleme der manuellen Auswertung von Kardiotokogrammen, sowie CLAUS-EBNER (16), S. 171).

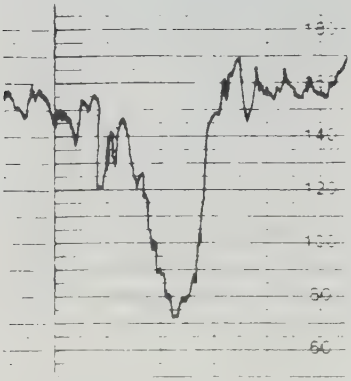
Die variablen Dezelerationen sind im Gegensatz zu den uniformen durch eine starke Flankensteilheit, d.h. einen sehr raschen Abfall und Anstieg der FHF, gekennzeichnet. Sie haben auch nicht unbedingt eine so feste zeitliche Beziehung zur Wehe wie die uniformen Dezelerationen. Eine Subklassifikation der variablen Dezelerationen ist durch ihr V-, bzw. U-förmiges Aussehen, sowie die (nicht) vorhandenen initialen und/oder terminalen Akzelerationen direkt vor, bzw. nach einer Dezeleration möglich. Diese Akzelerationen mußten eine Dauer von 15 sec oder eine Höhe von mindestens 10 SPM über die obere Begrenzung der Bandbreite hinaus aufweisen, um in die Bewertung einzugehen. Sofern sie den oben erwähnten Kriterien für Akzelerationen genügten, wurden sie natürlich auch als selbständige Akzeleration beschrieben. Sämtliche Dezelerationen wurden noch nach Verlust oder Erhalt der superponierten Oszillationen beurteilt.

Zusammengefaßt ergab sich somit folgendes Klassifikationsschema (s. Tab. 2, Seite 17).

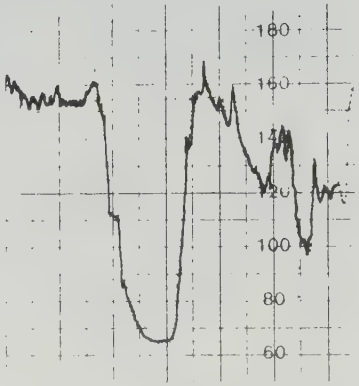
Tab. 2: Qualitative Beschreibung der Dezelerationen

TYP	AKZELERATION initial	AKZELERATION terminal	FORM	OSZILLATIONEN
uniforme Frühdez.				
uniforme Spätdez.				vorhanden/fehlen
variable Dez.	-	-	U/V-förmig	vorhanden/fehlen
variable Dez.	+	-	U/V-förmig	vorhanden/fehlen
variable Dez.	-	+	U/V-förmig	vorhanden/fehlen
variable Dez.	+	+	U/V-förmig	vorhanden/fehlen
variable Dez.			W-förmig	vorhanden/fehlen

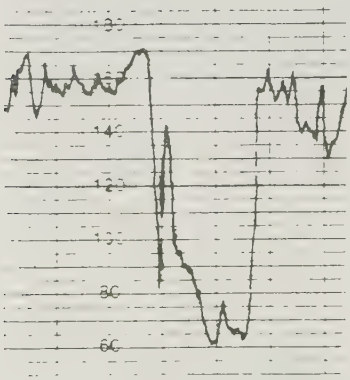
Abb. 8: Bildbeispiele für Dezelerationstypen



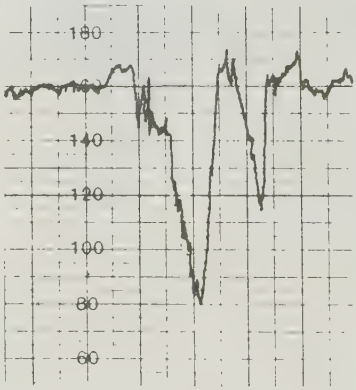
a) Variable Dezeleration ohne jede Akzeleration, V-förmig, mit guter Oszillation



b) Variable Dezeleration, ohne jede Akzeleration, U-förmig, mit basaler Verrundung



c) Variable Dezeleration mit initialer Akzeleration, U-förmig, mit noch guter Oszillation



d) Variable Dezeleration, W-förmig, mit guter Oszillation

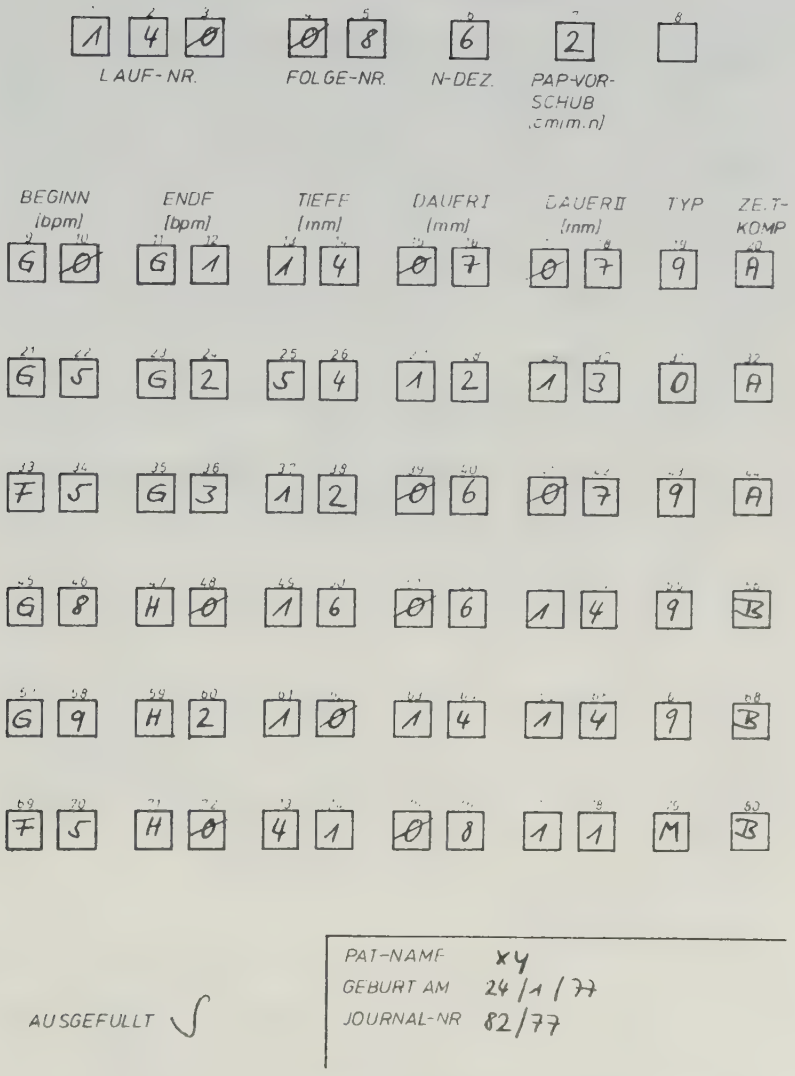


Abb. 9: Erläuterung unserer Vorgehensweise beim Verschlüsseln der Dezelerationen. Der Dezelerationstyp wurde anhand eines 28 Positionen umfassenden Schlüssels klassifiziert. Alphanumerische Transformation der Daten ermöglichte ein raumsparendes Abspeichern.

2.3. Klinische Daten

Aus dem Krankenblatt wurden folgende Daten übernommen:

Mutter	Neugeborenes
Alter (Jahre)	Gewicht (g)
Parität	Länge (cm)
Tragzeit (Wochen)	Geschlecht
Krankheit	Apgar 1' (aufgeschlüsselt)
	Apgar 5'
	pH Nabelarterie u. -vene
	pCO_2 (mmHg) - -
	pO_2 (mmHg) - -
	neonatale Periode (krank/verstorben)

Geburtsverlauf	
Lage	Dauer Eröffnungsperiode (min)
Wehenmittel	Dauer Austreibungsperiode (min)
Tokolyse	Fruchtwasser (mekoniumhaltig/blutig)
Analgetika	Nabelschnurumschlingungen
Anästhesie	Art der Entbindung
Plazenta (makroskop.)	
Plazentagewicht (g)	

Die pCO_2- und pO_2- Werte der Nabelarterie, bzw. -vene waren nur in den wenigsten Fällen ermittelt worden,sie wurden deshalb nicht weiter ausgewertet.

2.4. Elektronische Datenverarbeitung

Durch alphanumerische Verschlüsselung der Daten wurde ein raumsparendes Abspeichern ermöglicht, sodaß die gesamte CTG-Information eines Feten auf 24 Lochkarten (12 Lochkarten für die Variabeln der basalen Herzfrequenz, dieselbe Anzahl für die Dezelerationen und Akzelerationen) untergebracht werden konnte. Eine weitere Lochkarte wurde für die klinischen Daten benötigt. Sämtliche Daten wurden in numerische Werte zurücktransformiert, eingehend elektronisch geprüft und dann in einer Datei mit direktem Zugriff (Magnetplatte) gespeichert. Durch zwei Steuerindizes konnte jedes der 12 Zeitkompartimente pro Fetus computerintern isoliert, sowie beliebige Summen (N x 10) angrenzender Kompartimente gezielt angesprochen und ausgewertet werden.

Die für die Datenanalyse notwendigen Programme wurden von Prof.Dr.V.M. Roemer entworfen, getestet und realisiert (s. Anm. 5). Sie sind in Fortran geschrieben und benötigen einen Hauptspeicherraum von ca. 220 K. Uns stand das IBM-System 370/135 der Medizinischen Fakultät der Universität Tübingen zur Verfügung. Die Kardiotokogramme wurden auf Apparaten der Firma Hewlett-Packard Typ 8020 A bzw. 8030 A geschrieben; die Papiervorschubgeschwindigkeit betrug 2 cm/min.

Anm. 5: Für diese Unterstützung herzlichen Dank, mein Dank gilt auch den Mitarbeitern der Abteilung für Medizinische Dokumentation und Datenverarbeitung der Universität Tübingen.

3. ERGEBNISSE

3.1. Verteilungsstudien

Statistische Testverfahren können sinnvoll nur angewandt werden, wenn die Verteilungsstruktur der getesteten Variablen bekannt ist. Gemäß unserer Fragestellung interessierten uns vor allem die Dezelerationsflächen bzw. ihre Summen in der letzten Stunde ante partum. Es wurden bewußt nur diese letzten 60 Minuten vor der Geburt weiter analysiert, da nur bei dieser zeitlichen Begrenzung eine seriöse Korrelation der Variabeln der FHF zu den Parametern des kindlichen Befindens erwartet werden konnte (55, S. 26).

Von den untersuchten 394 Kardiotokogrammen hatten während der letzten Stunde ante partum 370 Feten insgesamt 3 474 Dezelerationen, wobei nur solche über 30 Sekunden Dauer berücksichtigt sind. Nur dieses 370 Kardiotokogramme umfassende Kollektiv wird weiter analysiert.

Die mittlere Fläche pro Dezeleration lag bei 459 FE (SPM x mm), die Standardabweichung (SD) bei 333 FE. Jeder Fetus hatte während der letzten Stunde durchschnittlich 9,4 Dezelerationen (SD = 6,08).

3.1.1. Dezelerationsflächensummen

Summiert man die Dezelerationsfläche jedes einzelnen Feten in diesen 60 Minuten und erstellt die prozentuale und kumulativ-prozentuale Häufigkeitsverteilung dieser Dezelerationsflächensummen, so ergibt sich Abbildung 10.

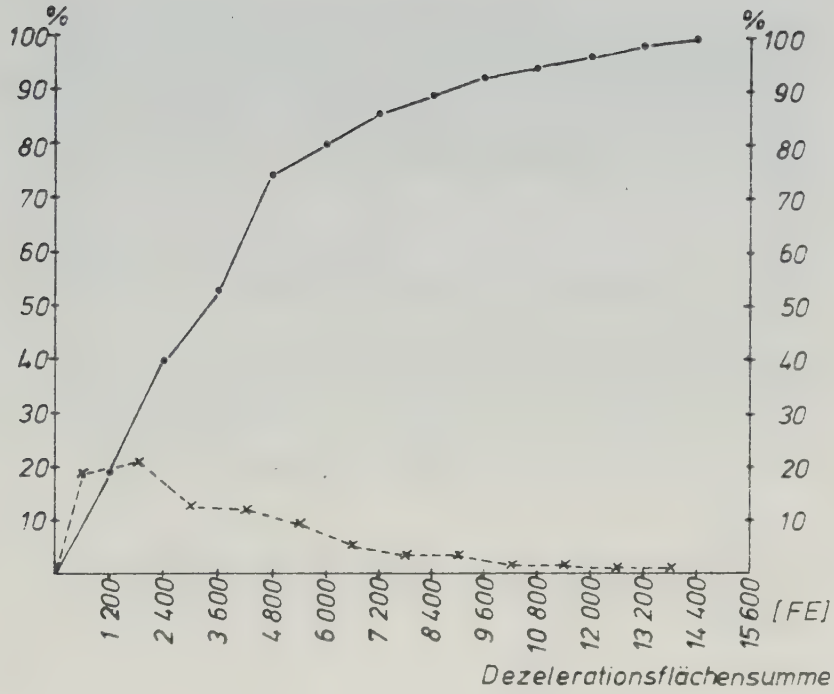


Abb. 10: Verteilungsstudie der Dezelerationsflächensummen der 370 Feten mit Dezelerationen in den letzten 60 min ante partum. Abszisse: Dezelerationsflächensumme pro Fet, Ordinate: prozentuale und kumulativ-prozentuale Häufigkeitsverteilung der Dezelerationsflächensummen.

Die durchschnittliche Dezelerationsflächensumme je Fetus beträgt 4340 FE, die SD 3 720 FE. Wie bereits aus Abbildung 10 und dem Medianwert (Z = 3 273 FE) ersichtlich ist, sind die Flächensummen nicht normal verteilt. Im Kolmogorov-Smirnov-Test (s. Anm. 6) konnte unsere Nullhypothese (H_0= Normalverteilung)

Anm. 6: Komogorov-Smirnov-Test für die Güte der Anpassung (57, S. 47 ff) Nullhypothese H_0:Stichprobe entstammt Normalverteilung. Alternativhypothese H_1: Stichprobe ist nicht normalverteilt wenn

$D < D_{\alpha,N}$, dann Annahme von H_0

$D \geq D_{\alpha,N}$, dann Zurückweisung von H_0

mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 0,1 % zurückgewiesen werden ($D = 0{,}13$, $D_{0{,}001;\ 370} = 0{,}10$). Ein kleiner Teil der Feten hat große und sehr große Dezelerationsflächensummen (der höchste Wert beträgt 21 500 FE), während 65 % aller Feten Flächensummen unterhalb des Mittelwerts haben.

3.1.2. Verteilung der Apgar- und pH-Werte

Der Zustand der Neugeborenen wird anhand der Apgar-Zahl eine Minute post partum (Apgar 1') sowie des pH-Wertes des Nabelarterienblutes (pH_{NA}) beurteilt. Die Abbildungen 11 und 12 zeigen die Verteilungsstruktur dieser Daten.

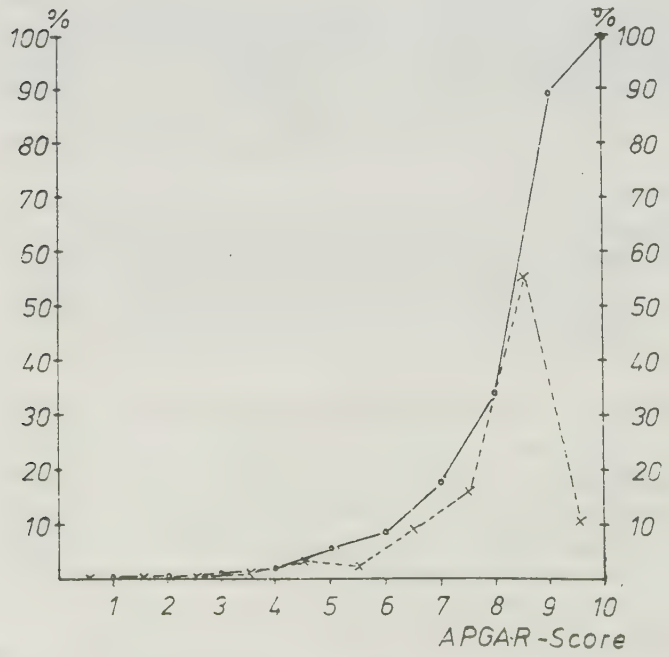


Abb. 11: Prozentuale und kumulativ-prozentuale Verteilungsstruktur der Apgar 1'-Werte der 370 Feten mit Dezelerationen in der letzten Stunde ante partum.

Die mittlere Apgar-Zahl betrug 8,40 bei einer Standardabweichung von 1,38 Punkten. Folgt man der international üblichen Einteilung -in Klammern die Daten von einem aus ungefähr dem gleichen Zeitraum stammenden, unausgelesenen Kollektiv der UFK Tübingen (47)-, so waren 91,3 % (93,4 %) der Kinder lebensfrisch (Apgar 10 - 7), 6,4 % (3,8 %) leicht (Apgar 6 und 5) und 2,3 % (2,8 %) schwer (Apgar 4 - 0) asphyktisch. Unsere Neugeborenen hatten damit, trotz Selektion von Azidosen, kaum schlechtere Apgar-Zahlen als die übrigen Geburten in Tübingen. Die Verteilung ist, entsprechend der Apgar-Tabellierung natürlich nicht normal ($D = 0{,}33$, $D_{0{,}05;\ 370} = 0{,}07$).

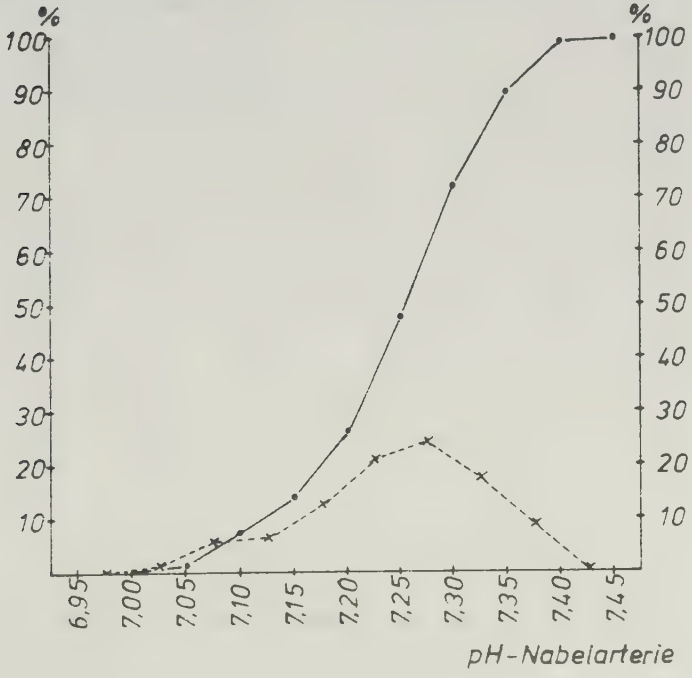


Abb. 12: Prozentuale und kumulativ-prozentuale Verteilung der pH-Werte des Nabelarterienblutes der 370 Feten mit Dezelerationen in den letzten 60 min a.p.

Der pH-Mittelwert des Nabelarterienblutes der 370 Fälle lag bei 7,246 (SD = 0,08). Obwohl wir bewußt Kardiotokogramme von Feten mit azidotischem pH ($\leq$ 7,20) ausgesucht hatten, ist die Verteilung noch normal, also zufallsbedingt (Kolmogorov-Smirnov-Test: D = 0,068, $D_{0,05;\ 370}$ = 0,071). 31 Feten hatten einen $pH_{NA} \leq 7,10$ und bei insgesamt 113 war ein $pH_{NA} \leq 7,20$ gemessen worden, was einem Azidoserisiko (pH $\leq$ 7,20) von rund 30 % entspricht. Bei dem unausgelesenen Vergleichskollektiv war das Azidoserisiko nur halb so hoch.

3.2. Rangkorrelationsanalyse der untersuchten Variabeln

Welche Bedeutung kann nun der Kliniker der rein quantitativen Dezelerationsflächensumme für das neonatale Befinden beimessen? Wir untersuchten den Zusammenhang zwischen der Apgar-Zahl 1 min p.p., bzw. dem pH-Wert des Nabelarterienblutes und der Dezelerationsflächensumme jedes Feten mit Hilfe der Rangkorrelationsanalyse nach KENDALL (57, S. 213 ff). Trotz Intervallskalierung unserer Daten ist es nicht angebracht, den in der Aussage etwas schärferen Maßkorrelationskoeffizienten nach PEARSON anzuwenden, da die Variablen "Dezelerationsflächensumme" sowie "Apgar-Zahl 1'" nachweislich nicht normalverteilt sind.

Tab. 3a: Rangkorrelationsanalyse nach KENDALL (τ)

	alle Fälle (N = 370)		
korr. Variable	τ	SD	z
$pH_{NA} - \Sigma F_{Dez}$	-0,115***	0,04	-3,31
Apgar 1' $- \Sigma F_{Dez}$	-0,117***	0,04	-3,36

***: $\alpha < 0{,}001$

Wie aus Tabelle 3a ersichtlich ist, sind die Rangkorrelationskoeffizienten für das Gesamtkollektiv sowohl beim pH-Wert wie der Apgar-Zahl statistisch hochsignifikant (s. Anm. 7) vom absoluten Zahlenwert her betrachtet aber relativ klein, d.h. klinisch nur wenig aussagekräftig.

Anm. 7: Die Signifikanzprüfung erfolgte über den z-Wert der standardisierten Normalverteilung (57, S. 220 u. S. 247).

Um neben dem Gesamtkollektiv getrennt hypoxisch, bzw. azidotisch und präazidotisch verursachte Veränderungen zu untersuchen, teilten wir unser Kollektiv bei einem pH von 7,25 auf und korrelierten diese Untergruppen auch isoliert (s. Tab. 3b).

Tab. 3b: Rangkorrelationsanalyse nach KENDALL (τ)

	$pH_{NA} \leq 7{,}25$ (N = 186)			$pH_{NA} > 7{,}25$ (N = 184)		
korr. Variable	τ	SD	z	τ	SD	z
pH_{NA} - ΣF_{Dez}	-0,065	0,05	-1,32	-0,117**	0,05	-2,35
Apgar 1' - ΣF_{Dez}	-0,099*	0,05	-2,00	-0,103*	0,05	-2,07

*: $\alpha < 0{,}05$, **: $\alpha < 0{,}01$

Diese Aufteilung des Gesamtkollektivs bringt statistisch und klinisch keine Verbesserung der Korrelationskoeffizienten. Erstaunlich ist, daß die Assoziation unterhalb eines pH von 7,25 deutlich schlechter ist als bei Feten mit nichtazidotischen pH-Werten.

Dieser Befund veranlaßte uns, daß Kollektiv auf der Basis des aktuellen pH-Wertes des Nabelarterienblutes in Untergruppen aufzuteilen und weiter zu analysieren.

3.3. Untergruppenanalyse nach pH-Werten des Nabelarterienblutes

3.3.1. Stichprobenbildung

Um Feten mit möglichst gleicher Azidämie zu untersuchen, teilten wir unser Kollektiv der Feten, die in der letzten Stunde ante partum Dezelerationen >30 sec gehabt hatten, nach den in Tabelle 4 aufgeführten pH-Grenzen in 6 Gruppen auf. Auch Mittelwert, Standardabweichung und Anzahl der pH-Werte pro Gruppe sind dieser Tabelle zu entnehmen. Sämtliche Berechnungen wurden für jede der 6 unverbundenen Stichproben getrennt durchgeführt.

Tab. 4: Untergruppenbildung nach Nabelschnurarterienblut-pH-Werten

pH-Untergruppe	pH-Nabelarterie			
	Grenzen	$\bar{x}$	SD	N
Gruppe 1	<7,101	7,06	0,032	31
Gruppe 2	7,101-7,200	7,17	0,037	82
Gruppe 3	7,201-7,250	7,23	0,022	73
Gruppe 4	7,251-7,300	7,28	0,041	105
Gruppe 5	7,301-7,350	7,33	0,030	49
Gruppe 6	>7,350	7,38	0,015	30
Gesamtkollektiv	-	7,24	0,085	370

3.3.2. Dezelerationsphänomene in Abhängigkeit vom pH-Wert

3.3.2.1. Quantitative Parameter

Tabelle 5 zeigt die in den pH-Gruppen errechneten Mittelwerte und Standardabweichungen der Anzahl und Fläche der Einzeldezelerationen sowie der Dezelerationsflächensummen; zur weiteren Kennzeichnung der stark asymmetrischen Verteilung der Dezelerationsflächensummen auch deren Median.

Die mittlere Anzahl der Dezelerationen pro Fetus fällt von der Gruppe 2 der azidotischen Feten (pH 7,10 - 7,20) mit steigendem pH-Wert stufenweise von 10,9 auf 7,5 Dezelerationen ab. Die schwer azidotischen Feten (Gruppe 1) haben im Durchschnitt nur 9,2 Dezelerationen, so daß sich diese Gruppe, zumindest von der Dezelerationsanzahl her, nicht von den nichtazidotischen Gruppen unterscheidet. Die Berechnung der t-Werte für den Mittelwertsunterschied benachbarter Gruppen (s. Anm. 8) ergab für die mittlere Dezelerationsanzahl keinen überzufälligen Unterschied (s. Tab. 6).

Die mittlere Fläche der Einzeldezelerationen hat in der schwer azidotischen Gruppe 1 ein Maximum mit 538 FE. In der nächstfolgenden Gruppe 2 fällt sie um 42 FE (nicht signifikant -s. Tab. 6) und nochmals um 58 FE oder 13 % von Gruppe 2 zu 3.

Anm. 8: Obwohl die Anwendung des t-Tests üblicherweise eine Normalverteilung voraussetzt, und dies, zumindest für die Dezelerationsflächensummen des Gesamtkollektivs nicht gegeben ist, kann er hier dennoch, wenn auch mit Vorbehalt ((57) S. 154: z.B. große Stichproben) benutzt werden.

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$ $\quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ (zweiseitig)
Tafelwert: $t_{\alpha,f}$, Freitheitsgrade $f = n_1 + n_2 - 2$
Kriterium: wenn $|t| < t_{\alpha,f}$, dann Annahme von H_0
$|t| \geq t_{\alpha,f}$, dann Zurückweisung von H_0

Tab. 5: Quantitative Dezelerationsparameter in den pH-Gruppen

	Gruppe 1			Gruppe 2			Gruppe 3			Gruppe 4			Gruppe 5			Gruppe 6		
Dez.-Variable	$\bar{x}$	SD	N	$\bar{x}$	SD	N	$\bar{x}$	SD	N	$\bar{x}$	SD	N	$\bar{x}$	SD	N	$\bar{x}$	SD	N
Anzahl (N)	9,16	5,83	31	10,9	6,22	82	9,26	5,92	73	9,65	6,19	105	8,06	5,32	49	7,53	6,63	30
Einzelfläche (FE)	538	455	278	496	383	890	437	288	676	442	301	1007	422	281	395	424	263	226
Σ Fläche (FE)	5084	5392	31	5388	4125	82	4049	3197	73	4275	3442	105	3398	2733	49	3192	3393	30
Median Fläche	Z = 2489			Z = 4121			Z = 2714			Z = 3554			Z = 2549			Z = 1621		

Tab. 6: Prüfung des Mittelwertunterschiedes zweier benachbarter pH-Gruppen auf Signifikanz

	$\bar{x}$: Gruppe 1-2		$\bar{x}$: Gruppe 2-3		$\bar{x}$: Gruppe 3-4		$\bar{x}$: Gruppe 4-5		$\bar{x}$: Gruppe 5-6	
geprüftes $\bar{x}$	t	f	t	f	t	f	t	f	t	f
$\bar{x}$-Anzahl	1,32	111	1,64	153	0,54	176	1,55	152	0,44	77
$\bar{x}$-Einzelfläche	1,52	1166	3,35***	1564	0,34	1681	1,14	1400	0,09	619
$\bar{x}$-Flächensumme	0,32	111	2,24*	153	0,44	176	1,57	152	0,30	77

*: $\alpha < 0,05$, **: $\alpha < 0,01$, ***: $\alpha < 0,001$, f: Freiheitsgrade $f = n_1+n_2-2$

kritische Werte für t aus (57) S. 248

Dieser Unterschied ist auf dem 0,1 % Niveau signifikant, d.h. die Gruppen 2 und 3 gehören mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von nur 0,1 % zu verschiedenen Grundgesamtheiten. Bei den nichtazidotischen Gruppen 3 - 6 bleibt die mittlere Fläche beinahe gleich.

Diese Mittelwertsunterschiede werden relativiert, wenn man die in Abbildung 13 aufgetragenen Perzentilgrenzen der Dezelerationsflächensummen bei den verschiedenen pH-Gruppen analysiert.

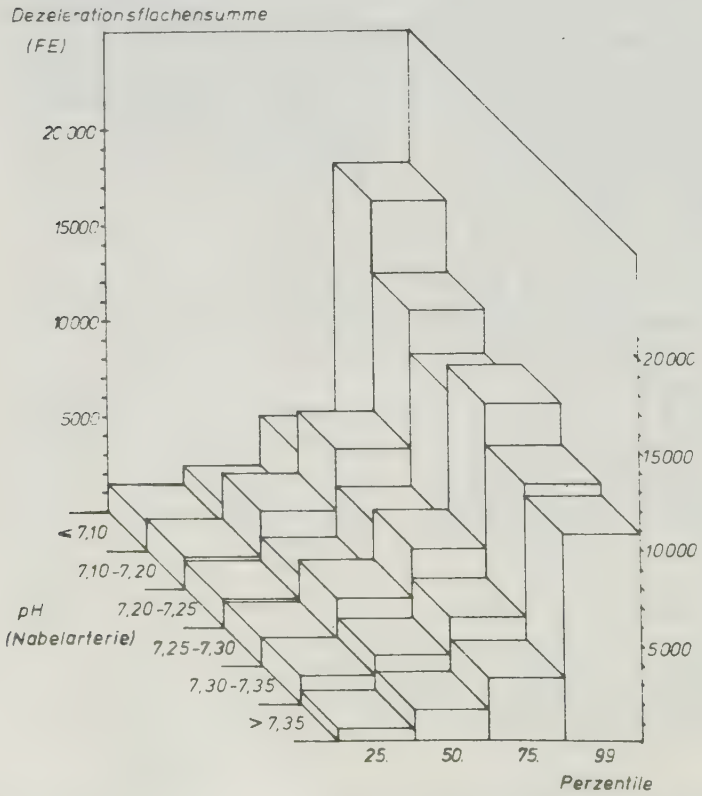


Abb. 13: Säulendiagramm der Perzentilgrenzen der Dezelerationsflächensummen in den verschiedenen pH-Gruppen.

Die Perzentilgrenzen sind bei den "basischen" Feten (pH < 7,35) am kleinsten und steigen leicht mit abnehmenden pH-Werten bis zur Gruppe 2 (pH 7,20 - 7,10) an. Die schwer azidotischen Feten der Gruppe 1 haben jedoch bis zur 75. Perzentile Flächensummengrenzen, die sich nicht von denen der Gruppe 3 - 5 unterscheiden. Anders betrachtet: 25 % der Feten in jeder nicht azidotischen Gruppen haben Dezelerationsflächensummen, die größer als bei 75 % der schwer azidotischen Feten sind. Nur ein kleiner Teil (25 %) dieser Feten (pH < 7,10) trägt durch sehr große Flächensummen (größer als in allen anderen Gruppen) zum Anstieg des Mittelwerts dieser Gruppe bei.

Aus der Abbildung geht auch hervor, daß 1/4 der Feten in jeder Gruppe beinahe identische, sehr kleine Flächensummen (< 1700 FE) haben.

An dieser Stelle sei bereits auf die Rolle der Nabelschnurkomplikationen für die Entstehung der Dezelerationsflächen hingewiesen. 68 % der Fälle mit einem pH_{NA} unter 7,10 hatten bei der Geburt eine Nabelschnurumschlingung, 52 % in der Gruppe 2 (pH 7,20 - 7,10); in den übrigen Gruppen wurden höchstens 37 % Nabelschnurkomplikationen beobachtet. Ihre Bedeutung wird in einem späteren Kapitel (3.5. Das Dezelerationsgeschehen unter Berücksichtigung von Nabelschnurkomplikationen) ausführlich erörtert.

3.3.2.2. Veränderungen der qualitativen Parameter

Wie in Abschnitt 2.2.2. (Herzfrequenzalterationen: Definitionen, Nomenklatur und Bestimmungsmethoden) ausgeführt, haben wir sämtliche Dezelerationen nach der Formanalyse von HON und QUILLIGAN (25) klassifiziert. Die variablen Dezelerationen bewerteten wir, teilweise in Anlehnung an FISCHER (19, S. 195 ff), noch subtiler durch Zusatzkriterien.

FISCHER nahm seine Einteilung ohne Zahlenmaterial, nur nach dem Eindruck der klinischen Wertigkeit vor. So hält er einen Verlust der initialen Akzeleration, einen Oszillationsverlust in der Dezeleration (= basale Verrundung) oder Auftreten von gedoppelten Dezelerationen (bei uns: W-förmige) für prognostisch ungünstig.

In unserem ursprünglichen Klassifikationsschema (s. Tab. 2) hatten wir zur Beschreibung der Flankensteilheit bei jeder variablen Dezeleration eine U- und eine V-Form unterschieden. Da sich aber bei der jetzigen Gruppenanalyse kein unterschiedliches Verhalten dieser Subtypen zeigte, haben wir sie nicht mehr gesondert aufgeführt.

In Tabelle 7 sind die relativen Häufigkeiten der von uns klassifizierten Dezelerationen im Gesamtkollektiv und den verschiedenen pH-Gruppen aufgelistet.

Erwartungsgemäß werden die von fast allen Untersuchern (26,19, 31,50,51,62) als relativ harmlos beurteilten uniformen Frühdezelerationen mit abnehmendem pH-Wert seltener. Trotzdem stellen sie bei den Feten der Gruppe 2 (pH 7,10 - 7,20) noch knapp 1/5 und bei den schwer azidotischen (pH $\leq$ 7,10) Feten immer noch 13 % aller in dieser Gruppe vorkommenden Dezelerationen.

Die Zunahme der als Zeichen akuter fetaler Gefährdung angesehenen uniformen Spätdezelerationen (11,14,26,31,69) bei der pH-Gruppe $\leq$7,10 auf 13 % ist verständlich, weniger dagegen ihr mit 5,7 % noch relativ häufiges Auftreten in der keinesfalls azidotischen Gruppe 4.

Tab. 7: Relative Häufigkeiten der Dezelerationstypen bei Gruppeneinteilung nach pH_{NA}-Werten

	alle Fälle %	Gruppe 1 %	Gruppe 2 %	Gruppe 3 %	Gruppe 4 %	Gruppe 5 %	Gruppe 6 %
uniforme Frühdezeleration	22,97	13,38	19,14	28,57	23,37	24,97	28,19
uniforme Spätdez. mit Osz.	5,27	13,38	5,29	4,02	5,74	1,52	3,08
- - mit basal. Verr.	0,15	1,05	0,00	0,00	0,10	0,00	0,44
Variable mit init.Akz, Osz.	12,46	9,51	10,25	11,61	13,83	18,51	10,58
Variable mit term.Akz, Osz.	8,64	3,87	8,09	9,52	9,31	7,12	10,58
Vari. mit init.u.term.Akz, Osz.	5,87	7,75	5,86	3,72	6,84	5,85	5,72
Variable ohne Akz, mit Osz.	31,98	30,63	35,59	32,14	30,19	30,28	30,40
W-förmige Dez. mit Osz.	9,67	15,85	9,68	9,52	8,51	8,91	8,81
alle Variablen mit basal.Verr.	2,99	4,57	5,29	0,90	2,09	2,79	2,20
Summe %	100,00	99,99*	100,00	100,00	100,01*	99,99*	100,00
Anzahl Dezelerationen (N)	3472	278	890	676	1007	395	226

mit basal. Verr.: mit basaler Verrundung
mit Osz. : mit superimponierten Oszillationen
*: durch Rundungsfehler bedingte Abweichung von 100,00 %

Der Eindruck von FISCHER (19, S. 221), daß der Verlust der initialen Akzeleration eine für den Feten ungünstigere Prognose bedeutet, läßt sich, zumindest in Bezug auf die pH_{NA}-Werte unseres Kollektivs, nicht erhärten: dieser Dezelerationstyp ist in allen pH-Gruppen ungefähr gleich häufig vertreten. Dagegen werden die variablen Dezelerationen mit terminaler Akzeleration bei den schwer azidotischen Feten (Gruppe 1) mit 3,9 % gegenüber einer Häufigkeit von 8,6 % im Gesamtkollektiv auffällig selten.

Eine teilweise Bestätigung findet FISCHERS Hypothese über die prognostische Valenz von Zusatzkriterien bei den "gedoppelten Dezelerationen". Er hält ihr Auftreten für potentiell bedrohlich. Dies läßt sich insoweit bestätigen, als dieser Dezelerationstyp in der pH-Gruppe $\leq 7{,}10$ mit 15,8 % auch relativ häufig ist, jedoch auch bei steigenden pH-Werten in allen anderen Gruppen rund 9 % der auftretenden Dezelerationen stellt.

Auch die Gefährlichkeit eines Fluktuationsverlustes auf dem Boden der Dezeleration (19, S. 221, 23, 32) läßt sich bei unserem Kollektiv nachweisen: bei den azidotischen Feten ($pH_{NA} \leq 7{,}20$) sind sie doppelt so häufig wie in den anderen Gruppen.

3.3.3. Klinische Daten in den pH-Gruppen

Um möglichen Azidämieursachen bzw. -hinweisen auf die Spur zu kommen, ermittelten wir in den einzelnen pH-Gruppen die relativen Häufigkeiten von einigen geburtsrelevanten klinischen Daten (s. Tab. 8).

Tab. 8: Klinische Daten in den pH-Gruppen

	Gruppe 1 N = 31	Gruppe 2 N = 82	Gruppe 3 N = 73	Gruppe 4 N = 105	Gruppe 5 N = 49	Gruppe 6 N = 30
Variable (Klinik)	%	%	%	%	%	%
Para I	68	73	68	64	51	47
vag.-operative Geburt	42	35	32	27	6	10
mekoniumhaltiges FW	19	22	16	15	8	13
Nabelschnurumschlingung	65	52	37	34	37	13
Plaz.:multiple Infarkte	35	27	25	24	22	10
Apgar 1' $\leq$ 3	6,45	2,44	0,00	0,00	0,00	0,00
4 - 6	22,58	9,76	8,22	4,76	0,00	0,00
7 - 10	70,97	87,80	91,78	95,24	100,00	100,00
	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$
Apgar 1'	7,10	8,06	8,26	8,73	9,02	9,03
Apgar 5'	9,00	9,61	9,74	9,81	9,94	9,77

Mit steigendem pH-Wert sinkt der Anteil der Erstgebärenden von 68 auf 47 %. Daß der im Kreissaal tätige Geburtshelfer den Ernst der Lage erkannt hatte, zeigt die in den Gruppen mit niedrigeren pH-Werten größere Häufigkeit von vaginal-operativen Eingriffen (Vakuum/Forceps/BEL-Entwicklung).

Ein "klassisches Asphyxiezeichen" (19, S. 29) ist das mekoniumhaltige Fruchtwasser, obwohl doch 80 % der Feten mit Mekoniumabgang lebensfrisch und ohne Azidose geboren werden (19, S. 31). Entsprechend findet sich in allen Gruppen ein gewisser Anteil dieses Symptoms, wenn auch bei Kindern mit einem $pH_{NA} > 7{,}25$ in etwas geringerem Ausmaß (8 - 15 %) als bei azidotischen (19 - 22 %).

Auffällig, und wohl bei einem Teil der Feten die Azidämie erklärende Ursache, ist der in den Gruppen 1 und 2 relativ hohe Anteil (65 bzw. 52 %) an Nabelschnurumschlingungen. Der in denselben pH-Gruppen höhere Prozentsatz an mit multiplen Infarkten bedeckten Plazenten mag eine weitere mögliche, allerdings erst postpartal beurteilbare, Erklärung für die Azidämie einiger Feten sein.

Die in Tabelle 8 aufgeführten Mittelwerte der Apgar-Zahlen 1 und 5 Minuten post partum sowie die zusammengefaßten relativen Häufigkeiten der Apgar 1'-Werte sollen die neonatale Zustandsbeschreibung in den pH-Gruppen ergänzen. Nach allgemeiner Auffassung sind Kinder mit Apgar 1'-Werten zwischen 7 und 10 "lebensfrisch", hier im Mittel also in allen pH-Gruppen. Die relativen Häufigkeiten der niedrigeren Apgar 1'-Zahlen sind jedoch umso häufiger besetzt, je niedriger der pH_{NA} ist. Die Mittelwertsunterschiede zwischen Gruppe 1 und 2 sowie 3 und 4 sind jeweils auf dem 1 %-Niveau signifikant (t-Test, $\alpha < 0{,}01$). Bereits 4 Minuten später haben sich die Kinder weitgehend erholt und angeglichen, nur der Apgar 5' von Gruppe 1 und 2 unterscheidet sich noch signifikant ($\alpha < 0{,}01$). Zwischen den anderen Gruppen bestehen keine statistischen signifikanten Unterschiede mehr.

Zu diskutieren bleibt, inwieweit sich aus den Dezelerationsparametern die klinische Wertigkeit der oben angegebenen Variablen, die immer nur gewisse Trends zeigen, aber in wechselnder Häufigkeit in allen pH-Gruppen beobachtet werden können, exakter abschätzen läßt. Um diese Frage weiter zu untersuchen, teilten wir unser Kollektiv nach den Dezelerationsflächensummen neu auf und analysierten wieder die Untergruppen.

3.4. Untergruppenanalyse nach den Perzentilen der Dezelerationsflächensummen

3.4.1. Stichprobenbildung

Um Feten mit möglichst gleicher Dezelerationsflächensumme isoliert von anderen zu untersuchen, teilten wir unsere empirische Dezelerationsflächenverteilung in 5 unabhängige Stichproben auf. Als Grenze setzten wir die computerintern berechnete 20., 40., 60. und 80. Flächenperzentile (s. Abb. 14). Gruppe 1 lag also zwischen der 0. und 20. Flächenperzentile, Gruppe 2 zwischen der 21. und 40. Perzentile etc.

3.4.2. Dezelerationsphänomens in Abhängigkeit von der Flächensumme

3.4.2.1. Quantitative Dezelerationsparameter

Aus Tabelle 9 geht hervor, daß die mittlere Anzahl der Dezelerationen in der letzten Stunde ante partum von 2,5 in der Gruppe unterhalb der 20. Perzentile auf über 17 Dezelerationen in der Gruppe oberhalb der 80. Flächenperzentile zunimmt.

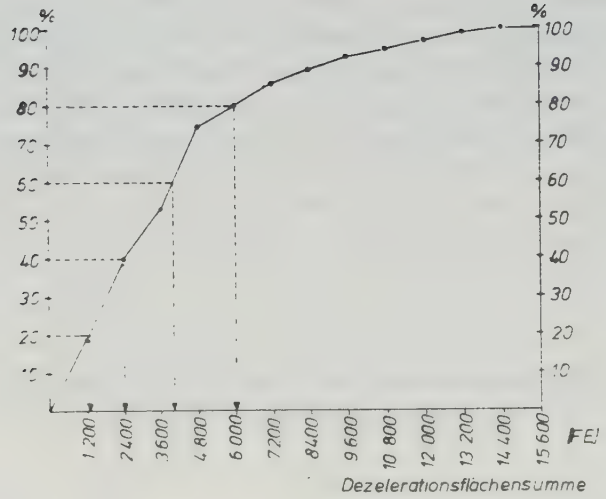


Abb. 14: Aufteilung der empirischen Dezelerationsflächenverteilung in 5 Perzentilgruppen.

Natürlich nimmt auch, gemäß den Gruppeneinteilungsprizipien, die mittlere Flächensumme zu.

Der Quotient aus mittlerer Dezelerationsfläche pro Fetus und mittlerer Anzahl steigt ebenfalls deutlich von 268 auf 605 FE an. Das bedeutet, daß die Zunahme der Dezelerationsflächensumme nicht nur durch die vermehrte Anzahl, sondern auch durch die größere Fläche der Einzeldezelerationen bedingt ist.

Tab. 9: Auftrennung nach Flächenperzentilen
Quantitative Dezelerationsparameter

	20.Perz. N = 73		21.-40.Perz. N = 68		41.-60.Perz. N = 73		61.-80.Perz. N = 81		80.Perz. N = 75	
Variable	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
Anzahl (N)	2,55	1,56	5,54	2,37	8,23	2,71	12,72	4,01	17,21	4,17
ΣFläche (FE)	683	319	1751	276	3095	526	5316	873	10408	2919
$\frac{\Sigma\text{Fläche } (\bar{x})}{\text{Anzahl } (\bar{x})}$	268		316		376		418		605	

3.4.2.2. Qualitative Dezelerationsbeschreibung in den Flächenperzentilgruppen

Bei der Betrachtung der relativen Häufigkeiten der verschiedenen, von uns klassifizierten Dezelerationstypen in den Flächensummengruppen läßt sich folgendes erkennen (s. Tab. 10):

Die uniformen Frühdezelerationen sinken von über 40 % aller Dezelerationen in der Gruppe mit den kleinsten Flächensummen (≤ 20. Perz.) auf unter 15 % bei Feten mit Flächensummen oberhalb der 80. Perzentile ab. Dagegen zeigen die uniformen Spätdezelerationen keinen eindeutigen Trend, ihr Anteil schwankt in den Gruppen von 3 bis zu 7 %.

Auch bei den variablen Dezelerationen mit initialen oder/und terminalen Akzelerationen bzw. den W-förmigen Dezelerationen läßt sich keine Abhängigkeit der Häufigkeit von der Flächenperzentilgruppe feststellen.

Nur der Prozentsatz der variablen Dezelerationen ohne Akzeleration steigt von 24 auf 32 % in der Gruppe mit der größten Flächensumme. In der Gruppe von der 61. - 80. Perzentile stellen sie sogar 39 % aller Dezelerationen.

Der Anteil der basal verrundeten variablen Dezelerationen nimmt von 0 % mit zunehmender Flächensumme auf 4 % in der Gruppe oberhalb der 80. Perzentile zu.

Tab. 10: Relative Häufigkeiten der Dezelerationstypen bei Gruppeneinteilung nach Flächensummenperzentilen

Dezelerationstyp	≤ 20.Perz. %	21.-40.Perz. %	41.-60.Perz. %	61.-80.Perz. %	> 80.Perz. %	alle Fälle %
uniforme Frühdezeleration	40,86	27,85	26,72	25,93	14,80	22,97
uniforme Spätdez. mit Osz.	3,23	7,17	3,00	6,97	4,75	5,27
- - mit basal. Verr.	0,54	0,00	0,00	0,00	0,32	0,15
Variable mit init. Akz, Osz.	12,37	15,92	13,15	12,28	11,29	12,46
Variable mit term. Akz, Osz.	5,92	6,37	9,66	7,11	10,43	8,64
Vari.mit init.u.term. Akz, Osz.	3,76	10,35	8,32	4,49	4,82	5,87
Variable ohne Akz, mit Osz.	24,19	21,75	26,63	31,09	39,41	31,98
W-förmige Dez. mit Osz.	9,14	8,22	9,98	10,14	9,66	9,67
Variable mit basal. Verr.	0,00	2,40	2,55	2,04	4,52	2,99
Summe %	100,01	100,03*	100,01*	100,05*	100,00	100,00
Anzahl Dezelerationen (N)	186	377	601	1026	1282	3472

mit basal. Verr. : mit basaler Verrundung
mit Osz. : mit superimponierten Oszillationen
*: durch Rundungsfehler bedingte Abweichung von 100,00 %

3.4.3. Perzentilgruppen der Flächensummen und klinische Parameter

Überraschend ist das Ergebnis unserer Analyse der klinischen Daten in Bezug auf das neonatale Befinden in den nach den Flächenperzentilen gebildeten Gruppen (s. Tab. 11).

Trotz der von uns nachgewiesenen, wenn auch geringen, Korrelation zwischen der Dezelerationsflächensumme und dem pH-Wert des Nabelarterienblutes (s. 3.2. Rangkorrelationsanalyse der untersuchten Variabeln), findet sich in den 5 unverbundenen Stichproben kein signifikanter Mittelwertsunterschied der pH_{NA}-Werte benachbarter Gruppen (t-Test). Nur über alle Gruppen betrachtet, ist der Abfall vom pH-Mittelwert 7,26 der Gruppe $\leq$ 20. Perzentile zum pH_{NA} 7,22 der Gruppe mit der größten Flächensumme ($>$ 80. Perz.) auf dem 1 % Niveau "signifikant" ($t = 2{,}70$, $t_{0{,}01;\ 146} = 2{,}58$). Da dieser "Signifikanznachweis" statistisch unzulässig ist (s. Anm. 9), kann man nur von einer gewissen Tendenz des pH-Wertes, bei steigender Flächensumme abzufallen, sprechen. Klinisch sind die festgestellten Unterschiede ja nur unerheblich.

Die pH-Mittelwerte des Nabelvenenblutes unterscheiden sich nicht überzufällig, auch nicht die beiden Extremgruppen der Flächensummen.

Auch zwischen den Apgar 1'-Werten und den Dezelerationsflächensummen hatten wir einen signifikanten Zusammenhang gefunden ($\tau = 0{,}117$, $\alpha < 0{,}001$), sodaß man hier bei höheren Perzentilgruppen schlechtere Apgar-Werte erwarten müßte.

Anm. 9: (16, S. 286): "Eine Differenz zwischen zwei Mittelwerten darf nicht als signifikant bezeichnet werden, wenn sie zwischen zwei anderen liegt, deren Variationsbreite bereits als nicht signifikant ermittelt wurde."

Tab. 11: Gruppeneinteilung nach Flächenperzentilen
Mittelwerte und Standardabweichungen einiger klinischer Daten

	≤ 20.Perz. N = 73		21.-40.Perz. N = 68		41.-60.Perz. N = 73		61.-80.Perz. N = 81		>80.Perz. N = 75	
Variable	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
pH-Nabelarterie	7,26	0,09	7,24	0,09	7,24	0,09	7,23	0,08	7,22	0,09
pH-Nabelvene	7,34	0,08	7,33	0,08	7,33	0,09	7,33	0,08	7,31	0,09
Apgar 1'	8,61	1,36	8,29	1,58	8,58	1,02	8,59*	1,13	7,97*	1,65
Apgar 5'	9,81	0,66	9,63	1,09	9,74	0,50	9,75	0,56	9,55	0,89
Tragzeit (Wochen)	40,1	1,11	39,7	1,47	40,0	1,88	39,9	1,37	40,2	1,52
EP (min)	416	219	386	178	442	185	417	227	458	205
AP (min)	30	31	26	25	34	44	36	37	29	24
Kindsgewicht (g)	3492	456	3435	514	3399	457	3354	444	3283	532
Kindslänge (cm)	50,4	1,88	50,3	2,40	50,3	2,11	50,1	1,78	50,0	2,35

EP: Eröffnungsperiode
AP: Austreibungsperiode

* signifikant, $\alpha < 0{,}01$

Doch in den Gruppen von der 0. - 80. Perzentile schwankt der Mittelwert des Apgar 1' nur geringfügig - nicht einmal ein Trend läßt sich erkennen. Erst zur 5. Gruppe (> 80. Perz.) fällt er um 0,62 Punkte ab (signifikant, $\alpha < 0{,}01$). Bereits 5 Minuten post partum unterscheiden sich die Apgar 5'-Werte in den 5 Stichproben nicht mehr signifikant.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß sich das neonatale Befinden, repräsentiert durch die Apgar-Zahlen und die pH_{NA}-Werte, unter verschiedenen Dezelerationsflächengruppen statistisch und klinisch nicht wahrnehmbar verändert. Erst bei extrem großen Flächensummen findet sich eine signifikante, klinisch aber nur unerhebliche und bereits nach 5 Minuten behobene Depression des Neugeborenen.

Läßt sich nun zwischen den anderen in Tabelle 11 aufgeführten klinischen Daten und der Dezelerationsflächensumme ein Zusammenhang finden?

In allen Perzentilgruppen wurden die Schwangerschaften im Mittel termingerecht beendet. Auch die mittlere Geburtsdauer, aufgeschlüsselt nach der Dauer der Eröffnungs- bzw. Austreibungsphase, unterscheidet sich nicht signifikant.

Die Neugeborenen haben im Durchschnitt die gleiche Körperlänge, dagegen nimmt ihr mittleres Geburtsgewicht mit zunehmender Dezelerationsfläche in jeder Gruppe um ungefähr 50 Gramm ab, sodaß das mittlere Gewicht in den beiden Extremgruppen um über 200 g differiert. Zwar sind auch diese Unterschiede nicht signifikant, aber nichtsdestoweniger läßt sich, in Anbetracht der konstant bleibenden mittleren Tragezeit, der bereits von LOW et al. (34) und ODENDALL (39) festgestellte Trend, daß Feten mit intrauterin verlangsamtem Wachstum zu vermehrten Dezelerationen neigen, auch für unser Kollektiv bestätigen.

Tab. 12: Gruppeneinteilung nach Flächenperzentilen
Relative Häufigkeiten einiger klinischer Daten

	Perzentile				
	≤ 20. N = 73	21.-40. N = 68	41.-60. N = 73	61.-80. N = 81	> 80. N = 75
Variable (Klinik)	%	%	%	%	%
Para I	55	62	74	72	57
vag.-operative Geburt	27	29	26	25	27
mekoniumhaltiges FW	16	21	18	10	17
Nabelschnurumschlingung	29	35	34	48	52
Plaz.:multiple Infarkte	30	15	22	26	28

Die in Tabelle 12 aufgeführten relativen Häufigkeiten der Parität weisen keinen Zusammenhang mit der Dezelerationsflächensumme auf.

Die in der nächsten Spalte angegebene relative Frequenz von vaginal-operativen Entbindungen (Vakuum/Forceps/BEL-Entwicklung) zeigt, daß sich die Geburtshelfer durch zunehmende Dezelerationsflächen nicht zu häufigerem Eingreifen gezwungen sahen. Der Prozentsatz des mekoniumhaltigen Fruchtwassers schwankt nur zufällig. Auch SALDANA et al. (51) fanden keinen Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen dem Auftreten dieses Symptoms und der Häufigkeit von Dezelerationen.

Dagegen ist erwartungsgemäß (9,11) ein klarer Trend bei den Nabelschnurumschlingungen erkennbar: mit steigender Dezelerationsflächensumme nimmt diese Komplikation von 29 % ($\leq$ 20. Perz.) auf 52 % ($>$ 80. Perz.) der Geburten zu. Der Anteil der mit multiplen Infarkten bedeckten Plazenten hat oberhalb der Gruppe mit der kleinsten Flächensumme eine zunehmende Tendenz, aber mit 30 % ein Maximum in dieser Gruppe ($\leq$ 20. Perz.) und insofern keine Abhängigkeit von der Dezelerationsfläche.

Während der pH-Wert des Nabelarterienblutes einen klinisch nur vernachlässigbaren Zusammenhang mit der Dezelerationsflächensumme aufweist, zeigt demgegenüber das Auftreten einer Nabelschnurkomplikation - laut BRUCE (10) der wichtigste einzelne Faktor bei der Neugeborenendepression - eine klare Abhängigkeit vom Dezelerationsgeschehen.

3.5. Das Dezelerationsgeschehen unter Berücksichtigung von Nabelschnurkomplikationen

Um über Zusammenhänge zwischen Nabelschnurumschlingungen und dem Dezelerationsgeschehen Aufschluß zu erhalten, trennten wir das Gesamtkollektiv in Fälle mit (N = 148) und ohne diese Geburtskomplikation (N = 204) auf. 18 Krankengeschichten enthielten keine Angaben über die Nabelschnursituation. "Nabelschnurumschlingung" bedeutet, daß die Nabelschnur bei der Geburt ein- oder mehrmals um Hals, Körper oder Extremitäten des Neugeborenen geschlungen war. Das so aufgetrennte Kollektiv analysierten wir wiederum nach quantitativen und qualitativen Dezelerationsparametern.

3.5.1. Klinische Daten

Einige wichtige Parameter über den Zustand der Neugeborenen sind aus Tabelle 13 zu entnehmen.

Tab. 13: Klinische Daten bei Feten mit und ohne Nabelschnurumschlingungen (NSU)

klin. Variable	keine NSU			mit NSU			t-Test
	$\bar{x}$	SD	N	$\bar{x}$	SD	N	α
Nabelarterien-pH	7,26	0,083	204	7,22	0,087	148	< 0,001
Apgar 1'	8,58	1,382	203	8,25	1,322	147	< 0,05
Apgar 5'	9,76	0,787	204	9,67	0,643	148	n.s.
pH ≤ 7,20	(N = 38)	18,63 %		(N = 57)	38,51 %		
pH ≤ 7,10	(N = 10)	4,90 %		(N = 18)	12,16 %		

Wie wir schon in der Untergruppenanalyse nach pH-Werten vermutet hatten (s. 3.3.3. Klinische Daten in den pH-Gruppen), tragen Nabelschnurumschlingungen (NSU) wesentlich zur Verschlechterung des pH-Wertes des Nabelarterienblutes bei. Der Mittelwertsunterschied zwischen den beiden Gruppen ist auf dem 0,1 % Niveau signifikant. Das Azidoserisiko ($pH \leq 7,20$) steigt bei den Fällen mit NSU von 19 % auf knapp 40 % an, ebenso ist der Prozentsatz an schwer azidotischen Feten ($pH \leq 7,10$) in dieser Gruppe doppelt so groß wie in der ohne erkennbare NSU.

Die Depression der Neugeborenen läßt sich, wenn auch weniger deutlich, am Mittelwertsunterschied der beiden Apgar 1'-Zahlen ablesen ($\alpha < 0,05$). In den Apgar 5'-Zahlen unterscheiden sich die beiden Gruppen nicht mehr überzufällig; die Neugeborenen haben sich weitgehend erholt.

3.5.2. Quantitative Dezelerationsparameter

Über mittlere Anzahl und Fläche der Dezelerationen sowie die Flächensummen in den beiden Gruppen informiert Tabelle 14.

Tab. 14: Quantitative Dezelerationsparameter in den Gruppen mit und ohne NSU.

Variable	keine NSU			mit NSU			t-Test
	$\bar{x}$	SD	N	$\bar{x}$	SD	N	α
Anzahl (n)	8,68	6,02	204	10,59	6,04	148	< 0,01
Einzelfläche (FE)	457	349	1758	469	322	1566	n.s.
ΣFläche (FE)	4002	3729	204	4961	3774	148	< 0,05

Die Feten mit NSU haben in der letzten Stunde ante partum durchschnittlich 2 Dezelerationen mehr als diejenigen ohne NSU. Dieser Mittelwertsunterschied ist statistisch signifikant ($\alpha < 0,01$). Dagegen besteht in Bezug auf die mittlere Fläche der Einzeldezelerationen kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen ($\alpha > 0,05$). Diese Feststellung ist interessant, da wir in der Untergruppenanalyse nach pH-Werten (s. 3.3.2.1. Quantitative Parameter) bei abnehmendem pH_{NA} eine Zunahme der Einzeldezelerationsflächen gefunden hatten. Dagegen ist beim Kollektiv mit NSU zu sehen, daß dieses, trotz signifikant niedrigerem pH als das Vergleichskollektiv, keine größere Fläche der Einzeldezelerationen hat als jenes ohne NS-Komplikationen. Im Kolmogorov-Smirnov-Test kann die Nullhypothese (H_0 : gleiche Verteilungstruktur) nicht zurückgewiesen werden ($\alpha = 0,229$), d.h. beide Kollektive haben eine fast identische Verteilungstruktur der Einzeldezelerationsflächen (s. Abb. 15a).

Anders bei den Dezelerationsflächensummen: hier kann die Nullhypothese zurückgewiesen werden. Die beiden Gruppen entstammen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von knapp über 1 % ($\alpha = 0,011$) verschiedenen Grundgesamtheiten (s. Abb. 15b). Die mittlere Flächensumme bei den Fällen mit NSU beträgt 5000 FE pro Fetus, bei denen ohne Nabelschnurkomplikationen 4000 FE.

Für die Klinik bedeutet das, daß Nabelschnurkomplikationen nur aufgrund der Vielzahl und nicht der Größe der Einzeldezeleration vermutet werden können.

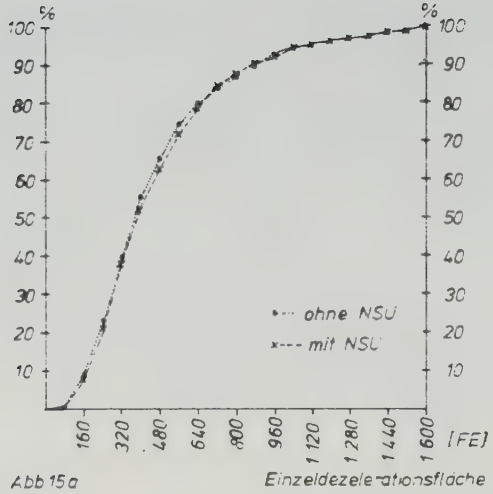


Abb. 15a: Vergleich der kumulativ-prozentualen Häufigkeitsverteilungen der Einzeldezelerationsflächen bei Feten mit und ohne Nabelschnurumschlingung.

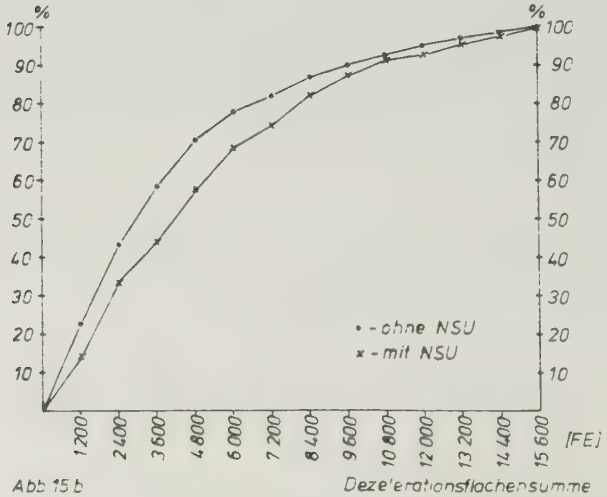


Abb. 15b: Vergleich der kumulativ-prozentualen Häufigkeitsverteilungen der Dezelerationsflächensummen bei Feten mit und ohne Nabelschnurumschlingung.

3.5.3. Qualitative Dezelerationsparameter

Auf die Frage, ob die die Dezelerationen klassifizierende Morphologie subtiler als die rein quantitative Flächenanalyse die Fälle mit Nabelschnurumschlingungen erkennen läßt, geben die in Tabelle 15 aufgeführten relativen Häufigkeiten der Dezelerationstypen Auskunft.

Tab. 15: Relative Häufigkeiten der Dezelerationstypen bei Fällen mit und ohne NSU

Dezlerationstyp	keine NSU	mit NSU
	%	%
uniforme Frühdezeleration	25,93	18,29
uniforme Spätdez. mit Osz	5,15	4,60
- - mit basal.Verr.	0,06	0,25
Variable mit init. Akz, Osz	12,29	12,92
Variable mit term. Akz, Osz	8,10	9,40
Vari.mit init.u.term.Akz,Osz	4,82	6,91
Variable ohne Akz, mit Osz	31,65	33,76
W-förmige Dez. mit Osz	9,68	10,17
Variable mit basal.Verr	2,32	3,71
Summe %	100,00	100,01
Anzahl Dezelerationen (N)	1758	1566

mit basal. Verr. : mit basaler Verrundung
mit Osz : mit superimponierten Oszillationen

Deutlich nimmt bei den Fällen mit NSU der Anteil der uniformen, prognostisch günstigen Frühdezelerationen von 26 % 18 % ab. Uniforme Spätdezelerationen sind dagegen in beiden Gruppen gleich häufig vertreten.

Variable Dezelerationen werden auch als "Nabelschnurdezelerationen" (19, S. 125) bezeichnet, da sie, wie aufgrund tierexperimenteller und klinischer Befunde festgestellt wurde, durch Nabelschnurkompression verursacht werden sollen (26,31,52,53). Erstaunlicherweise steigt ihr Anteil aber relativ wenig von 69 % auf 77 % bei den Fällen mit NSU an. Analysiert man diese Zunahme genauer, so entdeckt man, daß die relativen Häufigkeiten sämtlicher Subtypen der variablen Dezelerationen bei den Feten mit NSU leicht ansteigen. Das stellt insgesamt eine sehr subtile, klinisch kaum ins Gewicht fallende Verschiebung der Dezelerationsmorphologie dar.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß aus dem Dezelerationstyp keine Rückschlüsse auf die Nabelschnursituation gezogen werden können.

4. DISKUSSION

4.1. Kritische Methodendiskussion

4.1.1. Probleme der manuellen Auswertung von Kardiotokogrammen

Solange noch keine zuverlässig, on-line arbeitenden Computer vorhanden sind, bleibt die Beurteilung der FHF-Phänomene, die im Kreissaal neben der übrigen Geburtsüberwachung geleistet werden muß, ein äußerst komplexer Vorgang. Die vorgelegte Art der CTG-Analyse entspricht jener, die, wenn auch weniger präzise, routinemäßig vom Geburtshelfer vorgenommen wird. Diese semiquantitative, klinisch orientierte Auswertung vermag immer nur einen Teil der angebotenen Informationen in Daten zu transformieren und macht deshalb Kompromisse notwendig.

Im folgenden sollen nur die Probleme der Erfassung und Auswertung des Dezelerationsgeschehens erörtert werden: Nach HON (25) ist die Formanalyse der erste Schritt in der Beurteilung einer Dezeleration. Damit werden eine Vielzahl von beschreibenden Dezelerationsparametern zusammengefaßt (s. Tab. 2).

- Dauer der Abstiegs- und Anstiegszeit (uniform - variabel, V- bzw. U-förmig)

- Dauer der minimalen FHF (V- oder U-förmig)

- Fluktuationen in der Dezeleration (mit Oszillationen - mit basaler Verrundung)

- vorhergehende und/oder nachfolgende Akzelerationen

- das Verhalten der Dezelerationen zueinander (uniform - variabel)

- ihre zeitliche Relation zur Wehe (uniforme Früh-, bzw. Spätdezeleration, variable Dezeleration)

Durch Aufstellen von exakten Auswertungsgesichtspunkten (s. 2.2. Analyse des Kardiotokogramms) wurde in dieser Arbeit versucht, die Dezelerationseinteilung möglichst unabhängig vom subjektiven Urteil des Untersuchers vorzunehmen. Damit sind zwei Fehlerquellen verknüpft:

1.) der Grad an Objektivität
2.) die Entscheidungskriterien an sich.

Hierzu einige Beispiele:

ad 1.) Bei kombiniertem (26) oder variierendem Dezelerationsmuster war die eindeutige Zuordnung einer FHF-Alteration zu den uniformen oder variablen Dezelerationen teilweise nur schwer möglich. Die Differenzierung dieser beiden Dezelerationstypen bereitet auch anderen Autoren Schwierigkeiten; so wurde in einer Untersuchung bei 24 % (15), in einer anderen bei 90 % (7) aller Geburten ein variables Dezelerationsmuster gefunden, eine Differenz, die sich nur durch unterschiedliche Bestimmungskriterien der Dezelerationen erklären läßt.

Auch bei der Festlegung des Tiefpunktes der Dezeleration zur Bestimmung der lag-time kamen die Auswerter zu geringfügig unterschiedlichen Ergebnissen, da der tiefste Punkt bei breiten, "trogförmigen" Dezelerationen nicht selten willkürlich festgelegt werden mußte.

Durch Beteiligung von drei Auswertern an der Untersuchung, stichprobenartiges Austauschen von einigen bereits analysierten Kardiotokogrammen und Überwachung der gesamten Arbeit durch einen erfahrenen Kliniker glauben wir ein hohes Maß an Objektivität und an Reliabilität erreicht zu haben.

ad 2.) Eine weitere Fehlermöglichkeit ist durch die Entscheidungskriterien selbst gegeben. Damit verbunden ist die Frage nach der Validität unseres Vorgehens: Messen wir wirklich das, was mir messen wollen?

Besondere Probleme ergaben sich bei der Größenbestimmung der lag-time. Wie zuvor ausgeführt (s. 2.2.2. Herzfrequenzalterationen: Definitionen, Nomenklatur und Bestimmungsmethoden) wird sie von verschiedenen Autoren von 18 - 30 sec gesetzt. Um wirklich nur "späte" Dezelerationen herauszufiltern, nahmen wir 30 sec als Unterscheidungskriterium der "frühen" von den "späten" Dezelerationen. Dadurch wurden eventuell manche prognostisch zweifelhafte, uniforme Spätdezelerationen zu den Frühdezelerationen gezählt. Trotzdem glauben wir dieses Verfahren rechtfertigen zu können, da erstens die Studie retrospektiv angelegt war, den Feten durch eine falsch negative Beurteilung also nicht mehr geschadet werden konnte, und zweitens wirklich nur "späte" Dezelerationen, wenn u.U. auch nur unvollständig, erfaßt wurden.

Im Gegensatz dazu konnten Dauer und Tiefe auf einfache Weise genau gemessen werden. Beide Größen wurden durch die Flächenberechnung miteinander verknüpft ($F = \frac{1}{2} \times$ Dauer x Tiefe). Mit der Dreiecksformel wurde nicht jede Dezelerationsfläche exakt berechnet - die V-förmige natürlich genauer als die U-förmige. Dies muß aber nicht als Nachteil angesehen werden, da nach KUBLI et al. (31) der Schweregrad einer Dezeleration durch die Amplitude und Dauer der Frequenzverlangsamung charakterisiert ist - mit der angewandten Formel also der "Schweregrad" völlig exakt wiedergegeben wäre. Außerdem haben wir mit Hilfe des Klassifikationsschemas die Dezelerationen auch qualitativ erfaßt, womit sich Häufigkeitsunterschiede der V/U-förmigen leicht feststellen lassen.

4.2. Diskussion der Ergebnisse der Korrelationsanalyse zwischen den Dezelerationsflächensummen und dem neonatalen Befinden

Die Aussagekraft der unter der Geburt auftretenden Dezelerationsflächensummen für die Beurteilung des Zustands der Neugeborenen wurde schon von vielen Autoren geprüft. Die Untersuchungen von SHELLEY und TIPTON (56), STURBOIS und Mitarbeiter (59,60), TOURNAIRE et al. (65,66), SUREAU (61), KASTENDIECK et al. (28), BÉGUIN et al. (6), LOWENSOHN et al. (36) sowie THOULON et al. (64) ergaben eine gute Relation der Dezelerationsflächensummen bzw. ihrem Schweregrad (SEIDL, 55) zum kindlichen Depressionsgrad, ausgedrückt durch den Apgar-score, bzw. unter oder nach der Geburt gemessenen biochemischen Variablen.

KÜNZEL und CORNELY (33) schätzen die Bedeutung der Dezelerationsflächen vorsichtiger ein. Die Düsseldorfer Arbeitsgruppe um ALBRECHT und MORGENSTERN (2,3,4,5,38), JÄGER et al. (27) sowie ROEMER et al. (48) sahen dagegen in ihr nur einen ungenügenden Parameter zur Erkennung von fetalen Gefährdungen.

Um die Bedeutung der unterschiedlichen Ergebnisse einschätzen zu können, soll kurz Material und Methodik einiger Autoren referiert werden. Dabei wird nur auf die Ergebnisse der Gesamtflächenberechnungen eingegangen, da sie direkt mit unserer Vorgehensweise vergleichbar sind. Hier nicht berücksichtigt werden die zahlreichen Modifikationen der Flächenberechnungen, die meist keine oder nur sehr geringe, klinisch kaum ins Gewicht fallende Verbesserungen gegenüber den Korrelationen mit der Gesamtfläche erbrachten.

Bei mit Apgar-Zahlen vorgenommenen Korrelationsanalysen muß eine gewisse Ungenauigkeit diese Bewertungssystems für wissenschaftliche Fragestellungen berücksichtigt werden (43,44). Die Gründe hierfür sind:

1. bereits eine Fehleinschätzung von einem Punkt bringt einen 10 %-igen Fehler mit sich.

2. sind die Schrankendefinitionen für die einzelnen Faktoren pathophysiologisch nicht gleichrangig (43); z.B. ist eine Herzfrequenz unter 100 /min für ein Neugeborenes wesentlich schwerwiegender als blaue Extremitäten.

3. hängt die Punktezuteilung vom subjektiven Urteil des Untersuchers ab.

So ist der in unserem Kollektiv feststellbare, nur lockere Zusammenhang zwischen der Apgar-Zahl nach 1 Minute und dem pH-Wert des Nabelarterienblutes (τ = 0,289, $p < 0,001$) nicht verwunderlich. Andere Autoren publizierten Ergebnisse in vergleichbarer Höhe (SEIDL (55) : τ = 0,349, $p < 0,001$). Wir halten deshalb zur Kennzeichnung der asphyktischen Situation des Neugeborenen den pH-Wert für geeigneter als die Apgar-Zahl.

SHELLEY und TIPTON (56) betonten als erste die Aussagekraft der 60 Minuten unmittelbar vor der Geburt aufsummierten Dezelerationsflächen. Ihre retrospektive Untersuchung wurde an einem Kollektiv (N = 100) von Risikogeburten vorgenommen. Die Korrelationskoeffizienten der manuell ermittelten Gesamtfläche mit den Apgar 1'-Zahlen und Nabelschnurblut-pH-Werten waren hochsignifikant ($p < 0,001$), die absolute Größe der Koeffizienten wurde aber nicht publiziert.

Die bisher höchsten Korrelationskoeffizienten wurden von STURBOIS et al. (59, z.B.: Σ Dez.Fläche - Apgar 1': $r = - 0,61$, $p < 0,001$) und TOURNAIRE et al. (65, Σ Dez.Fläche - pH_{NA} : $r = - 0,524$, $p < ?$) veröffentlicht. Ihre Vorgehensweise gleicht sich in den Grundzügen. Mit Hilfe eines Computers berechneten sie in unterschiedlich langen CTG-Abschnitten (15 min - 6 h) die Gesamtdezelerationsfläche und "ermittelten" ("averaged") daraus die Dezelerationsfläche pro Stunde.

Die Dezelerationen eines nur 15 Minuten lang abgeleiteten Kardiotokogramms wurden so behandelt, als ob sie mit demselben Schweregrad während der gesamten letzten Stunde vor der Geburt vorhanden gewesen wären. In der Klinik zeigt sicht jedoch oft, daß gerade in der letzten Stunde vor der Geburt gravierende Veränderungen der Dezelerationsflächen auftreten können und keinesfalls aus dem Verhalten der FHF 15 min vor der Geburt auf ihren Verlauf in den vorherigen 45 min rückgeschlossen werden kann.

Daß die Autoren die Amplitude im Maßstab der Periode (Sekundenintervalle), und nicht wie wir im Maßstab der Frequenz (SPM), gemessen haben, dürfte kaum für die Höhe des Korrelationskoeffizienten verantwortlich sein. Wie ROEMER (42) ausgeführt hat, lassen sich Periode und Frequenz mit einer mathematischen Funktion (Hyperbel) ineinander umwandeln und korrelieren auch in praxi sehr eng. Sämtliche oben erwähnten Untersuchungen dieser Autoren wurden an Risikofällen durchgeführt, weshalb sich die Ergebnisse schlecht verallgemeinern lassen. TOURNAIRE (65) erwähnt sogar, daß er aus seinem Risikokollektiv Kardiotokogramme mit ausgeprägten und zahlreichen Dezelerationen ausgewählt hat!

In einer ausführlichen Studie fand SEIDL (55) eine enge Beziehung zwischen den in einem 30-minütigen CTG-Abschnitt aufsummierten Dezelerationsflächen und dem am Ende dieses Zeitabschnitts gemessenem pH-Wert im fetalen Skalpblut ($r = -0{,}438$, $p < 0{,}05$). Noch straffer war die Korrelation zwischen dem Absinken des pH-Wertes innerhalb von 30 Minuten und den im gleichen Zeitraum gemessenen Dezelerationsflächen ($r = -0{,}766$, $p < 0{,}001$).

Die Nachteile dieser Studie sind:

1. sehr geringe Fallzahl (N = 29 bzw. N = 23)
2. 2/3 Risikoschwangerschaften

3. macht SEIDL keine Aussage (wie alle bisher aufgeführten Autoren) über die Verteilungsstruktur der korrelierten Variablen und benutzt so den Pearson'schen Produktmoment-Korrelationskoeffizienten, der eine Normalverteilung voraussetzt. Zumindest bei unserem Kollektiv ist aber ersichtlich, daß die Flächensummen nicht normalverteilt sind (s. 3.1.1. Dezelerationsflächensummen).

ALBRECHT und Mitarbeiter (2,3,4,5) konnten erst bei Berücksichtigung von Kardiotokogrammen mit mindestens zwei Dezelerationen einen Mittelwertsunterschied der Flächensummen (60 min a.p.) von Gruppen mit einem normalen und pathologischen Neugeborenenzustand entdecken. Dieser Unterschied war aber nicht signifikant und wurde erst nach Einführung verschiedener, den Dip bewertender Parameter gesichert (5). Doch auch unter Einbeziehung einer sehr großen Anzahl von Parametern der FHF und Anwendung der Diskriminanzanalyse kam diese Arbeitsgruppe nur bei 70 % der Fälle zu einer richtigen Prognose des fetalen Zustands (38).

Auch die von ROEMER et al. (45) vorgenommenen Korrelationen zwischen den Dezelerationsflächensummen (nur Dez. länger als 60 sec berücksichtigt) in den letzten 30 Minuten vor der Geburt zum pH im Nabelarterienblut bzw. den Apgar 1'-Zahlen waren unbefriedigend (Σ Dez.Fläche-pH_{NA} : $\tau = -0{,}117$, $p < 0{,}001$, Σ Dez.Fläche-Apgar 1' : $\tau = -0{,}088$, $p < 0{,}05$). Wichtig erscheint der von ROEMER gegebene Hinweis, daß die Gesamtdauer des Dip (dagegen nicht seine Tiefe!) und seine Fläche sehr gut miteinander korrelieren, sodaß lediglich die Dauer und nicht die Fläche einer Dezeleration bestimmt werden müßte.

Ähnlich fanden JÄGER et al. (27) bei einem sehr großen Kollektiv (N = 746) von nicht selektionierten Fällen nur eine schwache Assoziation zwischen der Dezelerationsfläche

(30 min a.p.) und dem pH_{NA} (SPEARMAN'S r_s = 0,225, $2\alpha < 0,05$) bzw. dem Apgar 1'-Wert (r_s = 0,092, n.s.).

Die von uns ermittelten Ergebnisse sprechen ebenfalls dagegen, daß die Dezelerationsflächensumme ein guter Parameter zur Erkennung fetaler Gefahrenzustände ist. Die hochsignifikanten Korrelationskoeffizienten (s. Tab. 16) lassen zwar die Aussage zu, daß mit zunehmender Dezelerationsflächensumme im Mittel der status praesens der Neugeborenen etwas schlechter wird, aber aufgrund der sehr großen Streuung lassen sich keine Rückschlüsse auf den Einzelfall ziehen.

Tab. 16: Ergebnisse der Rangkorrelationsanalyse nach KENDALL

korr. Variablen	τ	p
Σ Dez.fläche-pH_{NA}	-0,115	< 0,001
ΣDez.fläche-Apgar 1'	-0,117	< 0,001

Dabei muß berücksichtigt werden, daß diese Aussage nur für die Fälle gilt, bei denen überhaupt Dezelerationen auftraten. Wie jedem Kliniker bekannt ist, kommen asphyktische Kinder aber auch ohne auffällige CTG-Muster zur Welt.

Aus diesen Gründen schien es wenig sinnvoll, kritische Grenzwerte für die Dezelerationsfläche anzugeben, bei deren Überschreitung mit einem Absinken der pH-Werte auf azidotische oder präazidotische Werte gerechnet werden muß, wie dies z.B. STURBOIS (59) oder SEIDL (55) taten.

Daß die Assoziationen unterhalb eines pH von 7,25 deutlich schlechter als bei jenen Fällen mit einem pH über 7,25 waren (s. Tab. 3), läßt sich vermutlich darauf zurückführen, daß Neugeborene mit mäßig starker sowie starker Azidose oft zusätzlich terminale Bradykardiephasen unterschiedlicher Dauer hatten, sodaß die Dezelerationen selbst noch mehr an prognostischer Bedeutung verloren.

Zusammenfassend ergibt sich folgendes Ergebnis:

1. Wie zuvor ausgeführt sind einige der Untersuchungen, die die Wertigkeit der Dezelerationsflächen als guten Parameters zur Vorhersage des neonatalen Depressionsgrades belegen sollen, mit methodischen Unzulänglichkeiten behaftet.

2. Auch wenn z.B. SEIDL (55) die Höhe eines Korrelationskoeffizienten (Σ Dez.Fläche-pH Skalpblut : r = - 0,437) an einem größeren Kollektiv sichern könnte, bedeutet dies, daß nur 19 % der Varianz der einen Variablen durch die der anderen determiniert ist, die Streuung in über 80 % der Fälle also zufällig ist (s. Anm. 10)!

3. Aus unseren Untersuchungen geht klar hervor, daß sich aus der Dezelerationsflächensumme kaum Rückschlüsse auf den Neugeborenenzustand ziehen lassen.

Anm. 10: CLAUS-EBNER (16) S. 112: "r^2 wird (...) oft als "Bestimmtheitsmaß" bezeichnet. Dieser Wert gibt an, in welchem Ausmaß die Varianz der einen Variablen durch die Varianz der anderen Variablen bestimmt wird. So führ ein r = 0,80 auf r^2 = 0,64, und dies läßt die Aussage zu, daß 64 % der Varianz beider Variablen determiniert sind."

4.3. Veränderungen der quantitativen Dezelerationsparameter: Diskussion der Ergebnisse der Untergruppenanalysen

Um die festgestellten Veränderungen der quantitativen Dezelerationsparameter besser bewerten zu können, werden die Ergebnisse aus den verschiedenen Untergruppenanalysen gemeinsam diskutiert.

Vorausgeschickt einige klinische Betrachtungen (s. Tab. 8, 12, 13 und 14):

1. Bei der Aufgliederung des Kollektivs nach der Azidämie fällt bei den azidotischen pH-Gruppen neben dem angestiegenen Anteil an Primiparae der hohe Prozentsatz an Geburten mit Nabelschnurumschlingungen auf ($pH_{NA} \leq 7{,}10$: 65 %, pH_{NA} 7,10 - 7,20 : 52 %).

2. Entsprechend liegt bei den Feten mit NSU das Azidoserisiko ($pH_{NA} \leq 7{,}20$) bei 40 % gegenüber nur 19 % bei den Fällen ohne NSU. Die Mittelwerte der im Nabelschnurarterienblut gemessenen pH-Werte unterscheiden sich in den beiden Gruppen hochsignifikant.

3. Werden die Feten nach der Flächenperzentile eingeteilt, verändert sich der mittlere Nabelarterien-pH-Wert in den Gruppen nur unwesentlich: auch die Fälle mit großen Dezelerationsflächensummen haben im Mittel ungefähr denselben pH_{NA} wie solche mit kleinen Flächensummen.

4. Der Prozentsatz der mit NSU geborenen Feten steigt, trotz gleichbleibenden pH-Mittelwerts, mit zunehmender Flächenperzentile an (> 80. Perz.: 52 % NSU).

5. Das mittlere Geburtsgewicht nimmt mit zunehmender Dezelerationsflächensumme geringfügig ab.

Bei den Dezelerationsparametern konnte folgendes festgestellt werden (s. Tab. 5,6,9 und 14):

1. mittlere Dezelerationsanzahl

   Die mittlere Anzahl an Dezelerationen unterscheidet sich in den pH-Gruppen nicht signifikant. Dagegen haben die Feten mit NSU signifikant mehr Dezelerationen als die ohne erkennbare NSU.

2. mittlere Fläche der Einzeldezelerationen

   Mit abnehmendem pH_{NA} steigt die mittlere Fläche der Einzeldezelerationen kontinuierlich an.
   Der Prozentsatz an Fällen mit NSU ist in den niedrigeren pH-Gruppen deutlich höher als in den übrigen. Diese Feten haben auch einen signifikant niedrigeren pH_{NA}-Wert als die ohne erkennbare NSU. Entgegen der Erwartung haben die doch azidotischeren NSU-Fälle keine größere mittlere Einzeldezelerationsfläche als das Normalkollektiv; d.h. sie haben im Verhältnis zu ihrer ausgeprägten Azidämie eigentlich "zu kleine" Einzeldezelerationsflächen.

3. mittlere Dezelerationsflächensummen

   Die Mittelwerte der Flächensummen zeigen wieder ein pH-abhängiges Verhalten: Sie unterscheiden sich bei den azidotischen und nicht azidotischen, aber auch bei den Fällen mit und ohne NSU signifikant. Sowohl azidotische Feten wie die (ebenfalls azidotischen) NSU-Fälle haben größere Flächensummen.

Die Zunahme der Flächensummen beruht auf der Veränderung verschiedener Größen: bei der Einteilung nach der Azidämie neben einer geringfügig vermehrten Anzahl vor allem auf größeren Einzeldezelerationsflächen; bei den Fällen mit NSU auf einer größeren Anzahl von Dezelerationen bei,

gegenüber dem Normalkollektiv, unveränderter Einzeldezelerationsfläche.

Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefaßt werden:

1. Feten mit NSU haben mehr Dezelerationen als Fälle ohne diese Geburtskomplikation. Die Größe der Einzelflächen in den Gruppen mit und ohne NSU sind gleich.

2. Wenn man den Trend der mittleren Einzeldezelerationsfläche betrachtet, bei abnehmendem pH_{NA} anzusteigen, haben die Fälle mit NSU hinsichtlich ihrer ausgeprägten Azidämie eigentlich "zu kleine" Dezelerationen.

3. Auch bei der Mittelwertsänderung der Flächensummen läßt sich der bereits bei der Korrelationsanalyse gefundene Trend beobachten: zunehmende Azidose im Nabelschnurblut führt zu durchschnittlich größeren Dezelerationsflächensummen. Aber wiederum dürfen und können aufgrund der starken Streuung keine Rückschlüsse auf den Einzelfall gezogen werden.

4. Feten mit intrauteriner Wachstumsretardierung neigen zu größeren Dezelerationsflächensummen.

4.4. Diskussion der Ergebnisse der qualitativen Dezelerationsanalysen

4.4.1. Allgemeine Problematik der deskriptiven Klassifizierung

Die bei der qualitativen Erfassung der Dezelerationen entstehenden Probleme wurden in der vorliegenden Arbeit bereits an mehreren Stellen erörtert. Besondere Bedeutung

kommt folgenden Punkten zu:

1. Wahl des Klassifikationsschemas

   Die Wahl eines bestimmten Klassifikationsschemas für Dezelerationen ist nicht nur eine Frage der Nomenklatur, sondern bedingt eine ganz bestimmte methodische Vorgehensweise (s. 2.2.2. Herzfrequenzalterationen: Definitionen, Nomenklatur und Bestimmungsmethoden). In dieser Arbeit werden deshalb nur die Ergebnisse der Autoren diskutiert, die wie wir mit dem Hon'schen Klassifikationssystem gearbeitet haben. Ein Leistungsvergleich der von HON (26) bzw. CALDEYRO-BARCIA (11) inaugurierten, von anderen Forschern modifizierten Schemata (31,40,69), wäre wünschenswert, kann aber im Rahmen dieser Arbeit nicht geleistet werden.

2. Objektivität der Klassifizierung

   Da bei der Klassifizierung der Dezelerationen eine Vielzahl von beschreibenden und nicht genau und allgemein gebräuchlich definierten Parametern der FHF berücksichtigt werden müssen, haben Ausbildungsstand und klinische Erfahrung des Untersuchers einen nicht zu unterschätzenden Einfluß (41) auf die Beurteilung der Herzfrequenzalterationen (vgl. 4.1.1. Probleme der manuellen Auswertung von Kardiotokogrammen).

4.4.2. Klinische Signifikanz der uniformen Frühdezelerationen

HON (26) faßte diesen Dezelerationstyp als Ausdruck einer fetalen Kopfkompression auf. Er fand, genauso wie KUBLI (31), keine Korrelation dieses Dezelerationsmusters zur fetalen Azidose oder zur Neugeborenenadaptation. Die uniforme

Frühdezeleration gilt deshalb als weitgehend harmloses Zeichen.

Der von HON postulierte pathophysiologische Entstehungsmechanismus blieb nicht unwidersprochen (17). Wie aber tierexperimentelle Studien von SCHULZ et al. (54) gezeigt haben, ist es durchaus möglich, uniforme Frühdezelerationen durch fetale Kopfkompression auszulösen, mit der Einschränkung, daß 30 % der durch die Kompression ausgelösten Dezelerationen nicht in der von HON beschriebenen Form, sondern W-förmig verliefen. Ein weiteres interessantes Ergebnis dieser Studie ist, daß es bei niedrigeren pH-Werten im Fetalblut zu einem selteneren bzw. geringerem Abfall der FHF kam.

Durch fetale Kopfkompression ausgelöste Dezelerationen kommen somit, sofern sich diese Befunde bestätigen lassen, bei azidämischen Feten in geringerem Ausmaß als bei Feten mit physiologischen Blut-pH-Werten zur Ausprägung. Dies bedeutet, daß dieser Dezelerationstyp -gerade bei sporadischem und wenig charakteristischem Auftreten- hinsichtlich der Prognose äußerst zurückhaltend beurteilt werden muß.

Auch aus den von uns ermittelten Daten der Untergruppenanalyse nach den pH-Werten geht, in gewissem Gegensatz zur allgemein betonten "Harmlosigkeit" der Frühdezelerationen (26,31,51,62) hervor, daß bei Feten mit azidotischen Nabelarterien-pH-Werten (pH 7,10 - 7,20) ein Fünftel, bei den schwer azidotischen Feten (pH $\leq$ 7,10) immer noch 13 % aller Dezelerationen als uniforme Frühdezelerationen verlaufen. Aus dem Vorliegen dieses Dezelerationstyps darf also keinesfalls immer ein lebensfrisches Neugeborenes erwartet werden.

In den nicht azidotischen pH-Gruppen (pH$>$7,20) stellen die Frühdezelerationen aber jeweils einen höheren Prozentsatz der registrierten Dezelerationen (23 % - 28 %) als in

den azidotischen Gruppen und zeigen somit durchaus die erwartete, positive Beziehung zur Asphyxiesituation der Feten.

Wie aus der Untergruppenanalyse nach der Flächenperzentile hervorgeht, haben Feten mit kleiner Flächensumme einen deutlich höheren Anteil an Frühdezelerationen (≤ 20. Perz. : 41 %) als diejenigen mit größeren Flächensummen (> 20. Perz. : 15 % - 28 %). Ob dies auf einer kleineren Anzahl oder verringerten Fläche der Einzeldezeleration beruht, läßt sich aus dem vorliegenden Zahlenmaterial nicht klären, nach dem klinischen Eindruck ist beides der Fall.

Trotz über 40 %-igem Anteil an Frühdezelerationen in der Gruppe mit den kleinsten Flächensummen läßt sich zwischen dieser Gruppe und den übrigen (> 20. Perz. : 15 % - 28 % uniforme Frühdez.) kein statistisch signifikanter Unterschied der Nabelarterien-pH-Mittelwerte feststellen. Auch hier zeigt sich, daß häufiges Auftreten von Frühdezelerationen per se nicht zu einer Verbesserung der Azidämierate beiträgt - dieser Dezelerationstyp also keineswegs als völlig harmlos FHF-Alteration beurteilt werden darf.

Feten mit NSU haben weniger uniforme Frühdezelerationen (18 %) als Feten ohne diese Geburtskomplikation (26 %), was sowohl auf die Nabelschnurumschlingung selbst als auch auf die stärkere Depression dieser Feten (s.o.) zurückgeführt werden kann.

4.4.3. Klinische Signifikanz der uniformen Spätdezelerationen

Übereinstimmend werden uniforme Spätdezelerationen von allen Autoren als Zeichen einer fetalen Notsituation angesehen und am häufigsten mit fetaler Azidose und Neugeborenendepression korreliert (14,18,26,30,31,34,50,62,69). Auch ihre Verursachung durch Störungen des uteroplazentaren Austausches ist allgemein anerkannt, ihr genauer pathophysiologischer Entstehungsmechanismus bleibt aber noch weitgehend hypothetisch (8,19, S. 183 ff).

Auch aus unseren Untersuchungen ist ersichtlich, daß Spätdezelerationen ein ominöses Frequenzmuster darstellen: ihre prozentuale Zunahme in den Gruppen mit azidotischen pH_{NA}-Werten ist deutlich (s. Tab. 7). Trotzdem treten mehr als die Hälfte (53 %) aller von uns diagnostizierten uniformen Spätdezelerationen bei einem Nabelarterien-pH-Wert von > 7,25 auf. Ähnlich fand TEJANI (62) 69 % der von ihm erfaßten Spätdezelerationen bei nicht azidotischen Feten (pH > 7,25). Bei Vorliegen von uniformen Spätdezelerationen kann also, muß aber nicht unbedingt, die Geburt eines asphyktischen Kindes erwartet werden.

Keine weiteren Ergebnisse konnten hinsichtlich der klinischen Wertigkeit der uniformen Spätdezelerationen aus den Untergruppenanalysen nach der Nabelschnursituation bzw. der Flächenperzentile gewonnen werden.

4.4.4. Klinische Signifikanz der variablen Dezelerationen

Aufgrund von klinischen Beobachtungen und tierexperimentellen Befunden wird von vielen Autoren die Kompression der Nabelschnur als Entstehungsursache der variablen Dezelerationen

angesehen (26,31,52,53). Im klinischen Sprachgebrauch wird dieser Dezelerationstyp deshalb vielfach nur als "Nabelschnurdezeleration" bezeichnet. Dies bedeutet natürlich nicht, daß, wie auch TEJANI (63) nachgewiesen hat, bei Auftreten von variablen Dezelerationen eine bei der Geburt sichtbare Nabelschnurumschlingung vorliegen muß, denn sub partu ist eine mechanische Kompression der Nabelschnur auch ohne abnorme Position derselben möglich. Umgekehrt muß eine Nabelschnurumschlingung nicht unbedingt eine hämodynamisch wirksame Kompression derselben zur Folge haben. Wie aber neuere Untersuchungen gezeigt haben (54,70), können variable Dezelerationen auch durch fetale Kopfkompression, die ja ursprünglich für die Genese uniformer Frühdezelerationen verantwortlich gemacht worden ist, hervorgerufen werden. Der Entstehungsmechanismus der unterschiedlichen Dezelerationstypen ist also keinesfalls so eindeutig geklärt wie bisher angenommen.

Da wir in unserer Untersuchung besonderen Wert auf eine subtile, beschreibende Dezelerationsmorphologie legten und keine Differenzierung der variablen Dezeleration nach ihrem Schweregrad (wie z.B. KUBLI et al. (31) oder STAISCH et al. (58)) vornahmen, sind unsere Ergebnisse nur eingeschränkt mit denen anderer Autoren vergleichbar.

Zusammengefaßt ergaben die Untergruppenanalysen folgende Ergebnisse:

1. Variable Dezelerationen mit terminaler Akzeleration sind bei schwer azidotischen Feten (pH $\leq$ 7,10) auffallend selten. Ansonsten lassen sich aus dem Auftreten von initialen und/oder terminalen Akzelerationen bei variablen Dezelerationen keine Rückschlüsse auf das Befinden des Neugeborenen ziehen.

2. W-förmige Dezelerationen stellen ein ominöses Frequenzmuster dar (s. FISCHER (19), S. 196).

3. Fluktuationsverlust auf dem Boden der Dezeleration ist ebenfalls als ein prognostisch ungünstiges Zeichen zu werten (19, S. 196, 23, 49).

4. Erstaunlich ist - selbst wenn nicht bei jeder post partum diagnostizierten Nabelschnurumschlingung eine hämodynamisch wirksame Kompression derselben unter der Geburt aufgetreten war - die relativ geringe Zunahme der "Nabelschnurdezelerationen" bei den Fällen mit NSU (77 % - 69 % bei Feten ohne NSU). Dieser geringe Anstieg ist gleichmäßig auf sämtliche Subtypen verteilt, sodaß sich auch hieraus keine Rückschlüsse auf die Nabelschnursituation ziehen lassen.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Die beiden letzten Stunden von 396 intrapartalen, technisch möglichst einwandfreien Kardiotokogrammen (Papiervorschubgeschwindigkeit 2 cm/min, Kardiotokographen der Firma Hewlett-Packard) wurden manuell mit einfachen Hilfsmitteln (Stechzirkel, Schublehre) ausgewertet. Die Daten wurden, einschließlich der wichtigsten klinischen Variablen, auf Lochkarten übertragen und auf einem IBM-System 370/135 weiterverarbeitet. Registriert wurden die mittlere Frequenz pro Minute, die Bandbreite und die Oszillationsfrequenz. Von den Dezelerationen bestimmten wir die quantitativen Parameter (Dauer, Tiefe, Anfangs- und Endpunkt) und klassifizierten den Typ nach qualitativen Gesichtspunkten. 370 Feten hatten Dezelerationen (> 30 sec) in der letzten Stunde ante partum und gingen in die weitere Analyse ein.

Im ersten Teil der Arbeit wurden die in der letzten Stunde a.p. aufsummierten Dezelerationsflächen ($F = \frac{1}{2}$ Dauer x Tiefe) der 370 Kardiotokogramme mit Parametern des neonatalen Befinden korreliert. Es fand sich eine statistisch hochsignifikante, klinisch aber nur wenig relevante, Abhängigkeit der Dezelerationsflächensumme vom Apgar 1'-Wert ($\tau = -0{,}117$, $\alpha < 0{,}001$) bzw. dem im Nabelarterienblut gemessenen pH-Wert ($\tau = -0{,}115$, $\alpha < 0{,}001$).

Die quantitative Dezelerationsanalyse brachte folgende Ergebnisse:

1. Die mittlere Anzahl der Dezelerationen bleibt bei sich änderndem pH_{NA} gleich. Dagegen steigt die mittlere Fläche der Einzeldezeleration sowie die Dezelerationsflächensumme mit abnehmendem pH_{NA} geringfügig an. Aufgrund der starken Streuung können aber keine Rückschlüsse auf den Einzelfall gezogen werden.

2. Feten mit Nabelschnurumschlingungen (NSU) haben - bei gleicher Einzeldezelerationsfläche - mehr Dezelerationen als Fälle ohne diese Geburtskomplikation. Hinsichtlich ihrer ausgeprägten Azidämie haben die Feten mit NSU, wenn man den Trend der Dezelerationsfläche betrachtet, bei abnehmendem pH_{NA} anzusteigen, eigentlich "zu kleine" Einzeldezelerationen.

3. Bei Feten mit intrauteriner Wachstumsretardierung zeigt sich eine gewisse Tendenz zu größeren Dezelerationsflächensummen.

An Schlußfolgerungen der qualitativen Dezelerationsklassifikation ergaben sich:

1. Uniforme Frühdezelerationen traten zwar häufiger (23 % - 28 %) bei nicht azidotischen Feten ($pH_{NA} > 7{,}20$) auf; aus ihrem Vorliegen darf aber keinesfalls immer ein lebensfrisches Neugeborenes erwartet werden. Immerhin stellen sie ein Fünftel aller Dezelerationen bei Feten mit einem pH_{NA} zwischen 7,10 und 7,20, immer noch 13 % bei den schwer azidotischen Feten ($pH_{NA} \leq 7{,}10$).

2. Wenn uniforme Spätdezelerationen auftreten, muß in der Hälfte der Fälle ein $pH_{NA} \leq 7{,}25$ erwartet werden.

3. Dezelerationen mit basaler Verrundung sowie W-förmige stellen ein ominöses Frequenzmuster dar.

4. Schwer azidotische Feten ($pH_{NA} \leq 7{,}10$) haben auffallend selten Dezelerationen mit initialer Akzeleration. Ansonsten haben initiale und/oder terminale Akzelerationen nur wenig klinische Aussagekraft.

5. Bei Feten mit Nabelschnurumschlingungen treten geringfügig mehr variable Dezelerationen auf (77 %) als bei solchen ohne diese Geburtskomplikationen (69 %). Diese Zunahme ist gleichmäßig auf alle Subtypen verteilt, sodaß sich aus der Dezelerationsmorphologie keine Rückschlüsse auf die Nabelschnursituation ziehen lassen.

6. LITERATURVERZEICHNIS

1. AMERICAN COLLEGE OF OBSTETRICIANS & GYNECOLOGISTS — Technical bulletin on classification of fetal heart rate patterns. Harper and Row, Hagerstown 1972.

2. ALBRECHT, H., BOKELMANN, J., MORGENSTERN, J., SCHMIDT, H. — Computed dip parameters derived from digitized FHR-curves. II. The valus of descriptive parameters. J. Perinat. Med. 2 (1974) 260.

3. ALBRECHT, H., BOKELMANN, J., MORGENSTERN, J., SCHMIDT, H. — Untersuchungen der Dezelerationsgebiete aus digitalisierten Kardiotokogrammen. In: Perinatale Medizin, Band V, Dudenhausen, J.W., E. Saling (Hrsg.). Thieme, Stuttgart 1974, S. 212.

4. ALBRECHT, H., BOKELMANN, J., MORGENSTERN, J., SCHMIDT, H. — Ist die Dip-Fläche ein aussagekräftiger Parameter? In: Perinatale Medizin, Band VI, Dudenhausen, J.W., Saling, E. (Hrsg.). Thieme, Stuttgart 1975, S. 218

5. ALBRECHT, H., BOKELMANN, J., MORGENSTERN, J., SCHMIDT, H. — Some remarks concerning the fetal heart rate total dip areas. J. Perinat. Med. 3 (1975) 226.

6. BEGUIN, F., YEH, S.Y., FORSYTHE, A., HON, E.H. — Predictability of fetal pH from quantitative analysis of fetal heart rate areas. In: Perinatal Medicine, 4th Europ. Congress of Perinatal Medicine, Prague, August 1974, Stembera, Z.K., Polacek, K., Sabata, V. (Hrsg.). Thieme, Stuttgart 1975, Avicenum, Prague 1975, S. 100.

7. BERG, D., SCHULZ, J., WERNICKE, K., MUSCHAWEK, R.
Fetomaterne Beziehungen bei experimenteller akuter Plazentainsuffizienz. In: Perinatale Medizin, Band III, Saling, E., Dudenhausen, J.W. (Hrsg.)
Thieme, Stuttgart 1972, S. 362.

8. BERG, D., HUCH, A., HUCH, R., SCHULZ, J., WERNICKE, K.
Zur Genese von späten Dezelerationen der fetalen Herzfrequenz.
Arch. Gynäk. 214 (1973) 425.

9. BOGDAN, C.
Die Bedeutung von variablen Dezelerationen in der antepartalen Kardiotokographie unter Berücksichtigung des Zeitpunkts des Blasensprungs. In: Perinatale Medizin, Band VI, Dudenhausen, J.W., Saling, E. (Hrsg.).
Thieme, Stuttgart 1975, S. 213.

10. BRUCE, S., JAMES, L.S., BOWE, E., REY, H., SHAMSI, H.
Umbilical cord complications as a cause of perinatal morbidity and mortality.
J. Perinat. Med. 6 (1978) 89.

11. CALDEYRO-BARCIA, R., MENDEZ-BAUER, C., POSEIRO, J.J., ESCÁCENA, L.A., POSE, S.V., BIENIARZ, J., ARNT, I., GULIN, F., ALTHABE, O.
Control of human fetal heart rate during labour. In: The heart and circulation in the newborn and infant, Cassels, D.E. (Hrsg.).
Grune & Stratton, New York 1966, S. 7.

12. CHECK, W.A.
Electronic fetal monitoring: how necessary?
JAMA 241 (1979) 17

13. CHIK, L., ROSEN, M.G., HIRSCH, V.J., SOKOL, R.J.
Programmed identification of fetal heart rate deceleration patterns.
Amer. J. Obstet. Gynec. 119 (1974) 816.

14. CIBILS, L.A. — Clinical significance of fetal heart rate patterns during labour. II. Late decelerations. Amer. J. Obstet. Gynec. 123 (1975) 5.

15. CIBILS, L.A. — Clinical significance of fetal heart rate during labour. V. Variable decelerations. Amer. J. Obstet. Gynec. 132 (1978) 791.

16. CLAUS, G., EBNER, H. — Grundlagen der Statistik. Volk und Wissen, Volkseigener Verlag, DDR-Berlin 1972.

17. ESKES, T.K.A.B., MARTINEZ, A., HAAN, J.De., BRIET, J.W. — Pressure in the fetal head. In: Perinatale Medizin, Band VI, Dudenhausen, J.W., Saling, E., Schmidt, E. (Hrsg.). Thieme, Stuttgart 1975, S. 221.

18. ETZEL, G. — Beziehungen zwischen Dezelerationen der fetalen Herzfrequenz und dem kindlichen Zustand während und nach der Geburt. Inaugural-Dissertation, FU Berlin 1975.

19. FISCHER, W.M. — Grundlagen und klinische Wertigkeit der Kardiotokographie. In: Kardiotokographie, Lehrbuch und Atlas, Fischer, W.M. (Hrsg.). Thieme, Stuttgart 1976

20. HAMMACHER, K. — Fetale Herzschlagfrequenz und intrauterine Hypoxie. Arch. Gynäk. 202 (1965) 353.

21. HAMMACHER, K. — Die kontinuierliche elektronische Überwachung der fetalen Herztätigkeit vor und während der Geburt. In: Gynäkologie und Geburtshilfe, Band II, Käser, O., Friedberg, V., Ober, K.G., Thomson, K., Zander, J., (Hrsg.). Thieme, Stuttgart 1967, S. 793

22. HAMMACHER, K., WERNERS, P.H.
Über die Auswertung und Dokumentation von CTG-Befunden.
Gynaecologia 166 (1968) 410.

23. HAMMACHER, K.
The clinical significance of cardiotokographie. In: Perinatal medicine, 1st European Congress, Berlin, Huntingford, P.J., Hüter, K.A., Saling, E. (Hrsg.).
Thieme, Stuttgart 1969, S. 80

24. HON, E.H., HESS, O.W.
Instrumentation of fetal electrocardiography.
Science 125 (1957) 553.

25. HON, E.H., QUILLIGAN, E.J.
The classification of fetal heart rate. II A revised working classification.
Conn. Med. 31 (1967) 779.

26. HON, E.H.
An atlas of fetal heart rate patterns.
Harty Press Incorp., New Haven/Conn. 1968.

27. JÄGER, E., SCHLOTTER, C.M., WÖSSNER, G., SCHEUB, H.
Wertigkeit der Gesamtdezelerationsfläche und eines CTG-Scores zur Vorhersage des neonatalen Zustandes. In: Perinatale Medizin, Band VII, Schmidt, E., Dudenhausen, J.W., Saling, E. (Hrsg.).
Thieme, Stuttgart 1978, S. 583

28. KASTENDIECK, E., KÜNZEL, W., ZIMMERMANN, P.
Quantitative relationships between slowing of the fetal heart rate and changes in base-excess in the second stage of labor.
J. Perinat. Med. 2 (1974) 106.

29. KELSO, I.M., PARSONS, R.J., LAWRENCE, G.F., ARORA, S.S., EDMONDS, D.K., COOKE, I.D.
An assessment of continuous fetal heart rate monitoring in labor.
Am. J. Obstet. Gynec. 131 (1978) 526.

30. KORNACKI, Z., CZAJKOWSKI, Z., SZCZYGIELSKI, A.
Retrospective analysis of extreme-risk fetus cardiotokograms. In: Perinatal Medicine, Stembera,Z.K Polacek, K., Sabata, V., (Hrsg.)
Thieme, Stuttgart 1975, Avicenum, Prag 1975, S. 58.

31. KUBLI, F.W., HON, E.H., KHAZIN, A.F., TAKEMURA, H.
Observations on heart rate and pH in the human fetus during labor.
Americ. J. Obstet. Gynec. 104 (1969) 1190.

32. KUBLIN, F.W., RÜTTGERS, H.
Iatrogenic fetal hypoxia. In: Physiology and Pathologv in the Perinatal Period, Gervers, H., Ruys, J.H., (Hrsg.).
University Press, Leiden 1971, S. 51.

33. KÜNZEL, W., CORNELY, M.
Dip area in fetal heart rate and its relationship to acid-base-observations of fetus and mother during labor.
J. Perinat. Med. 4 (1976) 271.

34. LOW, J.A., PANCHAM, S.R., WORTHINGTON, D.N.
Fetal heart deceleration patterns in relation to asphyxia and weight-gestational age percentil of the fetus.
Obstet. Gynec. 47 (1976) 14.

35. LOW, J.A., PANCHAM, S.R., WORTHINGTON, D.N.
Intrapartum fetal heart rate profils with and without fetal asphyxia.
Americ. J. Obstet. Gynec. 127 (1977) 729.

36. LOWENSOHN, R.I., YEH, S.Y., FORSYTHE, A., HON, E.H.
Computer assessed fetal heart rate patterns and fetal scalp pH.
A preliminary study. Obstet. Gynec. 46 (1975) 190.

37. MARTIN, K.
Geburtshilfe zwischen Technik und Humanität.
Dt. Ärzteblatt 42 (1980) 2491.

38. MORGENSTERN, J., SCHMIDT, H.
Über den Einsatz der Datenverarbeitung in der perinatalen Überwachung. In: Datenverarbeitung im Gesundheitswesen. Erreichtes und Geplantes. Schneider, B., Schönenberger, R., (Hrsg.).
Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1976

39. ODENDALL, M.
Fetal heart rate patterns in patients with intrauterine growth retardation.
Obstet. Gynec. 48 (1976) 187.

40. O'GURECK, J.E., ROUX, J.F., NEUMANN, M.R.
Neonatal depression and fetal heart rate patterns during labor.
Obstet. Gynec. 40 (1972) 347.

41. PAUL, R.H., HON, E.H.
A clinical fetal monitor.
Obstet. Gynec. 35 (1975) 161.

42. ROEMER, V.M., ELSENBERGER, T., HINSELMANN, M., BÄRTSCHI, R., SÄNGER, V., HAMMACHER, K., FAVRE, M.
Grundlagen der elektronischen Auswertung der fetalen Herzfrequenz. In: Perinatale Medizin, Band IV, Dudenhausen, J.W., Saling, E., (Hrsg.).
Thieme, Stuttgart 1973, S. 213.

43. ROEMER, V.M., SÄNGER, V., ELSENBERGER, T.
Die Struktur der Apgar-Zahl in der elektronischen Analyse. Teil 1: Fehlerbreite und Variabilität.
Geburtsh. u. Frauenheilk. 34 (1974) 649.

44. ROEMER, V.M., SÄNGER, V., ELSENBERGER, T.
Die Struktur der Apgar-Zahl in der elektronischen Analyse. II. Korrelation mit dem Säure-Basenhaushalt und anderen Parametern.
Arch. Gynäk. 217 (1974) 85.

45. ROEMER, V.M., HEINZL, S., MIETZNER, S., BRÜHL, G.
Zum Problem der semiquantitativen Beurteilung von Kardiotokogrammen mit einem Punktsystem. Vortrag VIII. Akademische Tagung deutschsprechender Hochschullehrer in der Gynäkologie und Geburtshilfe.
Wien, Juni 1977.

46. ROEMER, V.M., HEINZL, S.
Zur Frage der Bedeutung der Oszillationsfrequenz in der Cardiotokographie.
Arch. Gynäk. 223 (1977) 299.

47. ROEMER, V.M., BUESS, H., HARMS, K.
Zum Problem der Leitung der Austreibungs- und Preßperiode.
Arch. Gynäk. 222 (1977) 29.

48. ROEMER, V.M., BRÜHL, G., MIETZNER, S., HEERING, P., HEINZL, S.
Die Dezelerationen in der direkten Kardiotokographie: Quantitative und qualitative Analyse. Vortrag Nr. 17.
IX. Deutscher Kongress für perinatale Medizin, Berlin 1979

49. RÜTTGERS, H., KUBLI, F.
Effect of labor on feto-maternal exchange. In: Perinatal Medicine, Huntingford, P.J., Beard, R.W., Hytten, F.E., Scopes, J.W. (Hrsg.).
Karger, Basel 1971, S. 48.

50. RÜTTGERS, H.
Kritische Bilanz der ante- und intrapartalen Kardiotokographie.
Gynäkologie 7 (1974) 13.

51. SALDANA, L.R., SCHULMANN, H., YANG, W.H.
Electronic fetal monitoring during labor.
Obstet. Gynec. 47 (1976) 706.

52. SCHMIDT, H., SCHULZ, J., WERNICKE, K., MORGENSTERN, J.
Untersuchungen zum Entstehungsmechanismus von Dezelerationen nach Nabelschnurkompression. In: Perinatale Medizin, Band IV, Dudenhausen, J.W., Saling, E., Schmidt, E. (Hrsg.).
Thieme, Stuttgart 1975, S. 214.

53. SCHULZ, J., WERNICKE, K., LADE, R., BERG, D.
Die variable Dezeleration der fetalen Herzfrequenz. Versuch einer Abklärung der hypoxischen bzw. hämodynamischen Genese. In: Perinatale Medizin, Band V, Dudenhausen, J.W., Saling,E. (Hrsg.).
Thieme,Stuttgart 1974, S. 182.

54. SCHULZ, J., WERNICKE, K., BERG, D., STURM, R., WURMS, U., LADE, R., WIESNER, R.
Die akute und chronische Kopfkompression. Beitrag zur Pathophysiologie, Diagnostik und klinischen Bedeutung. In: Perinatale Medizin, Band VI, Dudenhausen, J.W., Saling, E., Schmidt, E. (Hrsg.).
Thieme, Stuttgart 1975, S. 222.

55. SEIDL, A.
Computeranalyse des Kardiotokogramms zur Unterstützung der Geburtsüberwachung.
Beilage zu Wien. klin. Wschr. 90, Heft 4 (1978).

56. SHELLEY, T., TIPTON, R.H.
Dip area. A quantitative measure of the fetal heart rate pattern.
J. Obstet. Gynaec. Brit. Cwlth. 78 (1971) 694.

57. SIEGEL, S.
Nonparametric statistics.
Mc Graw-Hill Book Comp., New York-Toronto-London 1956.

58. STAISCH, K., YEH, S.Y., FORSYTH, A., HON, E.H.
Correlation of neonatal heart rate and biochemistry with heart rate patterns of variable and late deceleration during labor. In: Perinatal Medicine, Stembera, Z.K., Polacek, K., Sabata, V., (Hrsg.).
Thieme, Stuttgart 1975, Avicenum, Prague 1975, S. 63.

59. STURBOIS, G., TOURNAIRE, M., RIPOCHE, A., HOUEZEC, R. Le., BREART, G., CHAVINIÉ, J., SUREAU, C.
Evaluation of the fetal state by automatic analysis of the heart rate. I. Deceleration areas and Apgar score.
J. Pernat. Med. 1 (1973)

60. STURBOIS, A., TOURNAIRE, M., RIPCOCHE, A., HOUEZEC, R.Le., BREART, G., CHAVINIÉ, J., SUREAU, C., LEPAGE, F.
Deceleration areas computation: Prediction of Apgar score and neonatal pH. In: Perinatal Medicine, Stembera, Z.K., Polacek, K., Sabata, V. (Hersg.). Thieme, Stuttgart 1975, Avicenum, Prague 1975, S. 80.

61. SUREAU, C.
The clinical use of computers in fetal heart rate monitoring. In: Perinatal Medicine, Stembera, Z.K., Polacek, K., Sabata, V. (Hrsg.). Thieme, Stuttgart 1975, Avicenum, Prague 1975, S. 44.

62. TEJANI, N., MANN, L.I., BHAKTHAVATHSALAN, A., WEISS, R.R.
Correlation of fetal heart rate-uterine contraction patterns with fetal scalp blood ph. Obstet. Gynec. 46 (1975) 392.

63. TEJANI, N., MANN, L.I., SANGHAVI, M., BHAKTHAVATHSALAN, A., WEISS, R.R.
The association of umbilical cord complications and variable decelerations with acid-base findings. Obstet. Gynec. 49 (1977) 159.

64. THOULON, J.-M., DITTMAR, A., COIAUD, C.
Quantification of fetal heart rate deceleration area. In: Perinatal Medicine, Stembera, Z.K., Polacek, K., Sabata, V. (Hrsg.). Thieme, Stuttgart 1975, Avicenum, Prague 1975, S. 77.

65. TOURNAIRE, M., YEH, S.Y., FORSYTH, A., HON, E.H.
A study of fetal heart rate deceleration areas. I. Preliminary exploration. J. Obstet. Gynec. 42 (1973) 711.

66. TOURNAIRE, M., STURBOIS, G., RIPOCHE, A., HOUEZEC, R.Le., BREART, G., CHAVINIÉ, J., SUREAU, C.
Evaluation of the fetal state by automatic analysis of the heart rate. 2. Deceleration areas and umbilical artery blood pH.
J. Perinat. Med. 4 (1976) 118.

67. WADE, M.E., COLEMANN, P.J., WHITE, S.C.
A computerized fetal monitoring system.
Obstet. Gynec. 48 (1976) 287.

68. WAGNER, K., SALING, E.
Ergebnisse einer Umfrageaktion über die Versorgung des Kindes in der Perinatalperiode in der Bundesrepublik und in West-Berlin im Jahr 1971. Spezialreferat.
5. Dt. Kongress für Perinatale Medizin, Berlin 1972

69. WOOD, C., NEWMAN, W., LUMLEY, J., HAMMOND, J.
Classification of fetal heart rate in relation to fetal scalp blood measurements and Apgar score.
Americ. J. Obstet. Gynec. 105 (1969) 942.

70. ZILIANTI, M., CABELLO, F., ESTRADA, M.A.
Fetal heart rate patterns during forceps operation.
J. Perinat. Med. 6 (1978) 80.

Diese Arbeit wurde unter Anleitung von Herrn Professor Dr. V.M. Roemer an der Universitätsfrauenklinik Tübingen angefertigt.
Ich danke ihm für die Überlassung des Themas, die Ausarbeitung und Realisierung der für die Datenanalyse notwendigen Programme und die freundliche und geduldige Unterstützung bei der Bearbeitung.

LEBENSLAUF

Name:	Gerhard B r ü h l
Geburtstag:	18. März 1953
Geburtsort:	Schwäbisch Gmünd
Staatsangehörigkeit:	deutsch
Familienstand:	ledig
Eltern:	Guido Brühl, Sonderschulrektor Irmgard Brühl, Hausfrau
1960 - 1964	Grundschule in Schwäbisch Gmünd
1964 - 1972	Parlergymnasium, Schwäbisch Gmünd
22.6.1972	Abitur
WS 1972 - SS 1978	Medizinstudium an der Universität Tübingen
Okt.1978 - Sep. 1979	Praktisches Jahr am Kreiskrankenhaus Böblingen und der Nervenklinik Tübingen
24.10.1979	Staatsexamen
14. 2.1980	Approbation
1.4.1980 - 31.7.1981	Zivildienst als Assistenzarzt an der Nervenklinik Tübingen
Seit September 1981	Wissenschaftlicher Angestellter an der Medizinischen Klinik, Abteilung für Sportmedizin der Universität Tübingen.

Druck und Verarbeitung: copy shop, darmstadt, tel. 21353